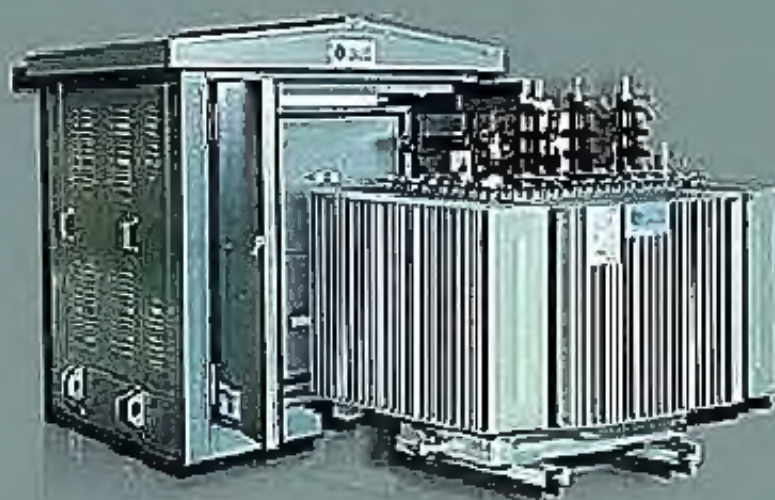


الكتاب
الأول

الموسوعة الكهربائية المبسطة

تركيب وتشغيل وصيانة المحولات الكهربائية



إعداد المهندس

محمود عبد الله محسن



الكتاب الأول

تركيب وتشغيل وصيانة المحولات الكهربائية

مهندس محمود عبد الله محسن

بسطرون للطباعة والنشر والتوزيع

الموسوعة الكهربائية المبسطة

تركيب وتشغيل وصيانة المحول الكهربائي

(الكتاب الأول)

إعداد مهندس

محمود عبداللّاه محمد

مؤسسة يسطرون للطباعة والنشر والتوزيع



رئيس مجلس الإدارة

عماد سليم

المدير العام

أحمد طواف الهادي

مدير الإنتاج

أحمد عبد الحليم

الطبعة الأولى

الكتاب : تركيب وتشييد وصيانة المحول الكهربائي

المؤلف : (إعداد مجلس / معمر عدلان، محمد

تسليم الحبيب : سليم

مصمم الغلاف : أحمد عبد الحليم

إخراج : محمد إبراهيم

الكتاب ١٧ × ٢٤

رقم الإصدار : ١٤٠٩٧ / ٢٠١٧

التوزيع الدولي : 5 - 431 - 776 - ٩77 - 978

العنوان : المكتبة والطبعة ، ٣ ش صفت - محطة الطبعة شارع لك فيصل - جيرة

التلفون : ٠١٢٢٩٢٠١٠٢٩ - ٠١٦٠٢٢٩٠٠٥٢

mail: yastoron@gmail.com

موقعنا على الفيس بوك ، مؤسسة يسطرون للطباعة والتوزيع الكتب

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

الموسوعة الكهربائية المبسطة

تركيب وتشغيل وصيانة المحول الكهربائي

5	مقدمة
	الباب الأول
9	مكونات المحول
11	الفصل الأول نظرية عمل المحول
17	الفصل الثاني الدائرة المكافئة للمحول
35	الفصل الثالث تركيب المحول
	الباب الثاني
71	أنواع المحولات
73	الفصل الأول تصنيف المحولات
110	الفصل الثاني محولات القياس
135	الفصل الثالث المحولات الخاصة
	الباب الثالث
163	الحسابات الكهربائية للمحولات
169	الفصل الأول خصائص المحولات
211	الفصل الثاني تأثيرات تيارات التسلسل في المحولات
224	الفصل الثالث اختيار محولات التوزيع

الباب الرابع

229	خصائص المحول الداخلة
231	الفصل الأول الأعطال في المحولات
235	الفصل الثاني وقاية المحولات
257	الفصل الثالث المفايد لمي المحول

الباب الخامس

260	الميانة والاختبارات
271	الفصل الأول صيانة المحولات
279	الفصل الثاني الاختبارات على الطقات
299	الفصل الثالث الاختبارات على الزيت
309	المراجع

مقدمة

يتم توليد القدرة الكهربائية باستخدام المولدات، ويتم نقل القدرة من محطات التوليد إلى المستهلكين عن طريق محطات النقل ولاعتبارات اقتصادية يتم رفع الجهد عند محطات التوليد باستخدام محولات رفع ثلاثية الوجه، حيث يتم نقل القدرة عند الجهود العالية، ثم يتم خفض الجهد مرة أخرى إلى جهد التوزيع باستخدام محولات خفض، فالمحول الكهربائي هو معدة ساكنة لا تحترق على أية أجزاء متحركة تستخدم لنقل القدرة الكهربائية دون تغيير في قيمة القدرة من جهة (الملف الابتدائي) إلى جهة أخرى (الملف الثانوي)، وذلك بتغيير قيم مكونات هذه القدرة (الجهد والتيار) مع المحافظة على التردد دون تغيير. وتبنى فكرة عمله على الحث الكهرومغناطيسي المتبادل بين ملفين.

أهمية وجود المحولات في الشبكات الكهربائية

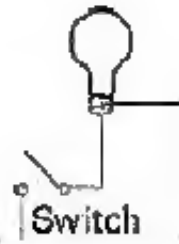
يعتبر المحول الكهربائي معدة مهمة جداً ولها فوائد كثيرة في الدوائر الكهربائية، ويتم استخدام المحول في حالات كثيرة منها :

- 1- ضرورة استخدام المحولات، وذلك للتخلص من ظاهرة الهبوط في الجهد نظراً لبعيد مسافة مراكز الأحمال عن أماكن التوليد
- 2- ضرورة استخدام محولات الرفع عندما تكون القدرة المتولدة كبيرة، للحد من استخدام عدد موصلات كبير.
- 3- عند وجود مستويات مختلفة للجهود في المحطات نتيجة لاختلاف جهود التوليد

وسوف نقوم بدراسة هذه الحالات لبيان أهمية المحولات :

الحالة الأولى :

لنفترض أن لدينا مولدًا كهربائيًا يولد جهدًا مقداره 220 فولت (220V) ومطلوب إضاءة لمبة قدرتها 110 وات (110Watt) على بعد 20 كيلومتر (20 Km) من المولد عن طريق سلك نحاس مساحة مقطعه 1مم².



شكل (1)

نقوم بحساب مقاومة اللمبة كالآتي :

$$R_l = E^2 / P$$

$$R_l = (220)^2 / 110 = 440 \Omega$$

نقوم بحساب مقاومة السلك كالآتي :

حساب مقاومة السلك (R_s) = المقاومة النوعية للنحاس × الطول / مساحة المقطع

$$R = (\rho \times L) / A$$

Where R = Wire resistn. Ω

ρ = Resistivity in Ohms \cdot mm² / m = 0.0172

L = Length of conductor in meters = 20000

A = Area of cross section of the conductor, mm² = 1

مقاومة طرف واحد من السلك

$$R = 0.0072 \times 20000 / 1 = 344 \Omega$$

مقاومة الطرفين من السلك

$$R = 2 \times 344 = 688 \Omega$$

المقاومة الكلية = $440 + 688 = 1128$ أوم

$$\text{التيار المار} = 220 / 1128 = 0.195 \text{ أمبير}$$

هذا التيار سوف يمر في مقاومة اللمبة ومقاومة السلك ولذلك يتولد فرق جهد بين طرفي السلك يمكن حسابه كالتالي :

فرق الجهد بين طرفي السلك

من المعروف أن أي حمل يصمم على العمل على جهد امصدر، فإذا كان الجهد عند المصدر يمسى الجهد المرسل Sending Voltage، والجهد عند الحمل يمسى الجهد المستقبل Receiving Voltage، فلكي يعمل الحمل بكفاءة وبصورة مرضية لابد أن يكون الجهد المستقبل يساوي الجهد المرسل، ولكن في الحياة العملية هذا الشرط لا يتحقق لوجود فقد في الجهد، وهذا الجهد المفقود يكون نتيجة استهلاك طاقة بسبب مرور التيار في مادة الموصل نفسه، فحيث إن السلك من مادة النحاس، وهذا السلك له مقاومة (أتم حساب المقاومة سابقاً)، فنتيجة لمرور التيار في مقاومة السلك فإنه يتولد جهد طبقاً لقانون أوم أي أن (الجهد المرسل = الجهد المستقبل + الجهد المفقود)

الهبوط في الجهد Voltage Drop نتيجة مرور التيار في السلك = $688 \times 0.195 = 134$ فولت، ونسبة هذا الجهد حوالي 61% من جهد المصدر، أي أنه حوالي 134 فولت من جهد المصدر يتم فقدها نتيجة استهلاك التيار في مادة الموصل. وبالتالي نلاحظ الجهد المتبقي لا يستيع تشغيل الحمل.

هذا المثال يوضح أنه لا يمكن نقل القدرة على الجهود الصغيرة لمسافات بعيدة. وإذا تم استخدام مولد كهربائي يولد جهد مقداره 6500 فولت، فيكون

هناك صعوبة في التعامل مع هذا الجهد لأنه لا يمكن استخدام أجهزة ومعدات في المنازل والمصانع تعمل بجهود عالية (بالكيلوفولت) لذلك كان لابد من استخدام المحولات لتحقيق المثرطين سنا، أي استخدام محولات في محطات التوليد لنقل القدرة على جهود عالية لتقليل الهبوط في الجهد ثم استخدام محولات لخفض الجهد لإمكانية التعامل معه في المنازل والمصانع وبأقي مراكز الأحمال.

١٠ الحالة الثانية:

نفترض وجود محطة توليد بها 10 مولدات قدرة كل نوك 50 ميجاوات، وأن جهد التوليد 20 كيلوفولت ونريد نقل هذه القدرة من محطة التوليد إلى محطات التوزيع ومناطق الاستهلاك، فعند حساب قيمة التيار المقبول من المعادلة التالية:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \text{ watt}$$

وبفرض أن معامل القدرة يساوي 0.8 نجد أن قيمة التيار يساوي حوالي 1140 كيلو أمبير، وحيث أن الموصل النحاسي الذي مقطعه 300 مم² يتحمل تيار مقداره 400 أمبير تقريبا فإننا نحتاج تقريبا إلى حوالي 26 كابل لنقل هذه الكمية من التيار الكهربائي وهذا غير عملي ومكلف جدا.

فإذا تم استخدام محول رفع الجهد من 20 كيلوفولت إلى 500 كيلوفولت فإن التيار في هذه الحالة سوف يكون حوالي 750 أمبير وبالتالي سوف يتم استخدام عدد 3 كابلات بدلا من 26 كابل.

١١ الحالة الثالثة:

يوجد العديد من محطات التوليد وجهد التوليد في المحطات يختلف من محطة إلى أخرى فقد يكون جهد التوليد 6000 فولت أو 11000 فولت أو 13800 فولت أو 15000 فولت والربط بين هذه المحطات لعمل شبكة موحدة لا يتم من استخدام المحولات لرفع أو خفض الجهود لقيم معينة يمكن الربط بينها.

الباب الاول

مكونات المحول

الفصل الاول

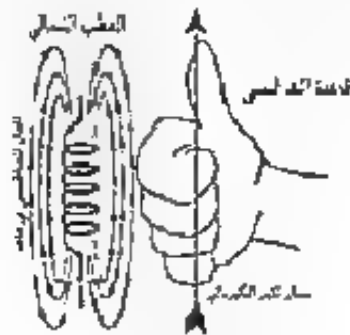
نظرية عمل المحول

نظرية عمل المحول ،

لكي يتم فهم نظرية عمل المحول الكهربائي لابد من فهم العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي، وتتمثل هذه العلاقة في الآتي :

١- التأثير المغناطيسي لتيار الكهربائي

فعندما يمر تيار كهربائي متوحد في ملف يتشأ حول هذا الملف مجال مغناطيسي محترم أيضا يتزايد مع المجال بتزايد التيار العسري الملف. ويقع بنفس التيار ويتم تحديد اتجاه المجال عن طريق قاعدة اليد اليمنى التي تنص على أنه إذا قم وضع الملف في اليد اليمنى بحيث تلف الأصابع حول الملف في نفس اتجاه مرور التيار فإن أصبع الإبهام يشير إلى اتجاه المجال داخل الملف ولبي القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعه هذا الملف كالمتبين بالشكل (2)



الشكل (2)

الفصل الاول

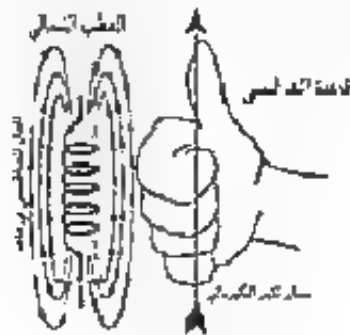
نظرية عمل المحول

نظرية عمل المحول ،

لكي يتم فهم نظرية عمل المحول الكهربائي لابد من فهم العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي، وتتمثل هذه العلاقة في الآتي :

١- التأثير المغناطيسي لتيار الكهربائي

فعندما يمر تيار كهربائي متوحد في ملف يتشأ حول هذا الملف مجال مغناطيسي محترم أيضا يتزايد مع المجال بتزايد التيار العسري الملف. ويقع بنفس التيار ويتم تحديد اتجاه المجال عن طريق قاعدة اليد اليمنى التي تنص على أنه إذا قم وضع الملف في اليد اليمنى بحيث تلف الأصابع حول الملف في نفس اتجاه مرور التيار فإن أصبع الإبهام يشير إلى اتجاه المجال داخل الملف ولبي القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعه هذا الملف كالمتبين بالشكل (2)



الشكل (2)

2- الحث الكهرومغناطيسي

حيث إن للتيار الكهربائي تأثيراً مغناطيسياً، أي أنه إذا مر تيار في ملف فإنه ينشأ حول الملف مجالاً مغناطيسياً، ولكن «فارادي» اكتشف ظاهرة مهمة جداً، وهي ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي فإذا وجد موصل في مجال مغناطيسي فإنه يتولد تيار كهربائي في هذا الموصل وهي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربية مستحثة، وكذلك تيار كهربائي مستحث في موصل نتيجة قطعه لخطوط تيار مغناطيسي، وهي الظاهرة التي يبنى عليها عمل المحول الكهربائي.

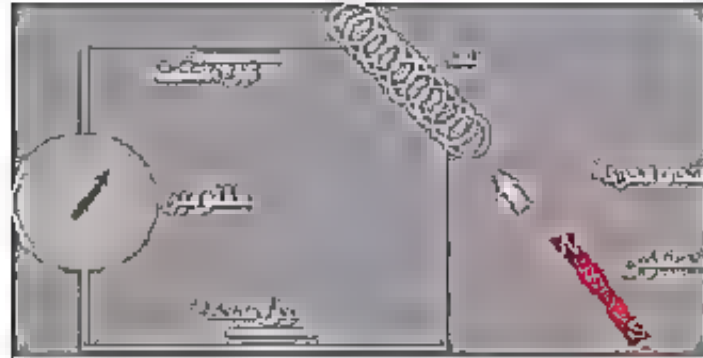
تجربة فارادي

قام فارادي بإعداد ملف سلك من النحاس، لفاته معزولة بعضها عن البعض الآخر، وتم توصيل طرفيه بجلفانومتر وعند إدخال مغناطيس في الملف انحراف مؤشر الجلفانومتر لحظياً في اتجاه معين وعند إخراج المغناطيس انحراف المؤشر في الاتجاه المعاكس.

فسر «فارادي» ذلك بأنه نتيجة لقطع لفات السلك لخطوط التيارات المغناطيسية أثناء حركة المغناطيس فإن الإلكترونات الحرة لذرات الموصل تتأثر فتندفع من أحد طرفي الملف (ويصبح موجهاً) إلى الطرف الآخر (ويصبح سالباً) فينشأ بين طرفي الملف فرق في الجهد أو قوة دافعة كهربية مستحثة ويمر تيار كهربائي مستحث في الملف كما هو موضح بالشكل (د) وتعتمد قيمتها على الأتي -

١- معدل تغير التيار بالنسبة للزمن (dI/dt)

٢- معامل الحث الذاتي للملف (L)



الشكل (3)

متروط توليد تيار مستحث هي موصل من التجربة السابقة ملاحظ أنه هناك شروط تعينها ميار مستحث لابد من توافرها وهي:

- 1- قهضي مغناطيسي
 - 2- حركة مغناطيس أو (تيار متردد).
 - 3- موصل كهربى جيد في دائرة مغلقة.
- الجهء أو التيار أو الفيض المتولد بالحث يحار دائما معارضة لسبب الذي أنشأه. ويتخذ في الملف اتجاهها معينا بحيث يعاكس التغير المسبب له ويسمى ذلك (قاعدة لنر).

الحث الذاتي للملف

- فإذا سلط جهد متردد على ملف في دائرة مغلقة سوف يحدث الآتي:
- 1- يمر تيار متردد في الملف لأن الدائرة مغلقة.
 - 2- عندما يمر تيار كهربى متردد في ملف ينشأ حول لفات ملف الملف مجال مغناطيسى طبقا لنظرية التأثير المغناطيسى لتغير الكهربى.
 - 3- كل لفة تعمل كمغناطيس له خطوط فيض، تقوم للفات المجاورة بقطع خطوط الفيض المغناطيسى لهذه اللفة ويتولد جهد وتيار مستحث بالحث الذاتي.

- 1- طبقا لقاعدة لينز فإن التغير المسبب بالحث الذاتى يعارض زيادة لتيار

في ملف وإذا فصل الجهد عن الملف فإن التيار لم يتولد بسبب معارضة تناقص التيار في الملف.

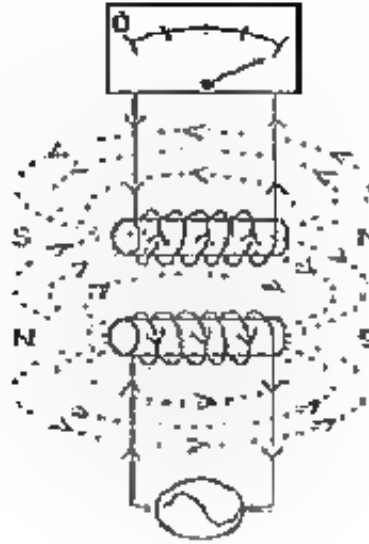
5- أي أنه يتولد على طرفي الملف جهد وقبار يعارض لزيادة والخص في الجهد و التيار المار في الملف، وكلما زاد معدل تغير التيار زادت قيمة هذا الجهد المعارض لحدوث التغير.

ومن هه يمكن تعريف الحث الذاتي لملف على أنه .

هو التأثير الكهرومغنطيسي الصادر في نفس الملف عند تغير شدة التيار المار به بحيث يعمل على مقاومة هذا التغير.

الحث المتبادل بين ملفين

وهي النظرية التي يتم على أساسها عمل المحول فإذا تم عمل ملفين قلبهما من الحديد وتم توصيل أحدهما بمصدر تيار متردد وتم توصيل الآخر بأميتر كما في الشكل (4).



الشكل (4)

مع العلم بأن الكتفين غير متصلين كهربياً معاً فتتولد القوة التي :

1- عند تسليط جهد متردد على الملف الأول فإن الجهد يعمل على حركة الإلكترونات.

2- حركة الإلكترونات تخلق مرور تيار.

3- عند مرور تيار كهربى في موصل فإنه يتولد مجالاً مغناطيسى حول الموصل

4- يتم به الموصل على شكل ملف لكى يزيد من قوة المجال مما يولد من تيار كهربى (I) لى ملف عدد لفاته (N) فتتولد قوة دافعة مغناطيسية $Magneto motive force$ (mmf) تقدر قيمتها بالأمبير . بقعة (Ampere . turn) وهذه القوة الدافعة المغناطيسية هي التي تدفع الفيض المغناطيسى للمرور فى القلب الحديدى ($mmf = N \times I$)

5- لفات الملف الثانى تقوم بقطع خطوط الفيض المتولدة فى الملف الأول وبالتالى يتولد بها قوة دافعة كهربية بالحث Induced Electro Motive force (emf) ويتولد تيار يمر بجهاز الأميتر.

6- حيث إن كل لفة على حدة يشترتها نفس الممر من الخطوط فمثله يتولد على طرفي كل لفة نفس الجهد، ويكون جهد كل لفة موصلاً على التوالي مع اللفة التي تليها بحيث يكون الجهد الكلي المستحث على طرفي الملف = عدد اللفات \times جهد اللفة.

7- طبقاً لنظرية الحث المتبادل بين ملفين، فإن لفات ملف انشأ تلصق نفس خطوط الفيض المتولدة عن الملف الأول فتتولد على طرفي كل لفة جهد مستحث ويكون جهد كل لفة موصلاً على التوالي مع اللفة التي تليها بحيث يكون الجهد الكلي المستحث على طرفي الملف الثانى = عدد اللفات \times جهد اللفة

وبالتالى يمكن التحكم في الجهد المتولد في الملف الثانى عن طريق التحكم في عدد اللفات، فإذا كان عدد لفات الملف الثانى أكبر من عدد لفات الملف الأول فإن الجهد المتولد بالحث في الملف الثانى يكون أكبر من جهد الملف الأول.

وإذا كان عدد لفات الملف الثاني أقل من عدد لفات الملف الأول فإن الجهد
المتردد بالحث في الملف الثاني يكون أقل من جهد الملف الأول.
أي أنه يمكن رفع الجهد أو خفضه عن طريق التناوب في عدد لفات الملفين

الفصل الثاني

الدائرة المكافئة للمحول

المحول المثالي Ideal Transformer

المحول المثالي Ideal Transformer هو محول نظري، ولا يوجد في الحياة العملية، والنموذج الرئيسي من دراسته هو سهولة الحصول على لحسابات الرياضية الخاصة بالمحول الفعلي Actual Transformer ففي المحول المثالي يفترض أن:

1- ملفات المحول (الملف الابتدائي والثانوي) هي ملفات مثالية Pure Inductive coils وهذا يعني أن الملفات ليس لها مقاومة مأوى Zero Resistance of the winding.

2- قلب الحديد له مغناطية مطلقة Infinite Permeability core أي يمرر كل خطوط الفيض المغناطيسي ولا يحدث له تسريب.

وبالتالي يتميز المحول المثالي بالتالي:

- لا توجد عفاقيد نحاسية فنظرا لعدم وجود مقاومة مادية للعنق فإذن القيمة $r=0$ ، وهذا يترتب عليه عدم وجود هبوط في الجهد بين أطراف المحول، أي أن الجهد المتولد بالحث في الملف الابتدائي يساوي الجهد على أطراف الملف الابتدائي ($V_1 = E_1$) والجهد المتولد بالحث في الملف الثانوي يساوي الجهد على أطراف الملف الثانوي ($V_2 = E_2$).

3- نظرا لأن القلب الحديدي يتميز بمعادته المطلقة فإنه لا يوجد تسرب للفيض المغناطيسي Leakage Flux، أي أن كل الفيض المتولد يقطع ملفات

الابتدائي والثانوي، وبالتالي عن طريق تطبيق قانون فاراداي يمكن تحديد العلاقة بين الفيض والجهد المتولد بالحث في الحثف الابتدائي

$$E_1 = N_1 (d\Phi / dt)$$

والعلاقة بين الفيض والجهد المتولد في الملف الثانوي

$$E_2 = N_2 (d\Phi / dt)$$

وبقسمة المعادلة الأولى على الثانية نجد أن :

$$E_1 / E_2 = N_1 / N_2$$

وحيث إنه لا توجد مفاتيح فرب التردد على كل الملفين متساوية أي أن

$$E_1 I_1 = E_2 I_2$$

نتيجة لعدم وجود مفاتيح نحاسبه Cupper Losses نتيجة من ملفات وعدم

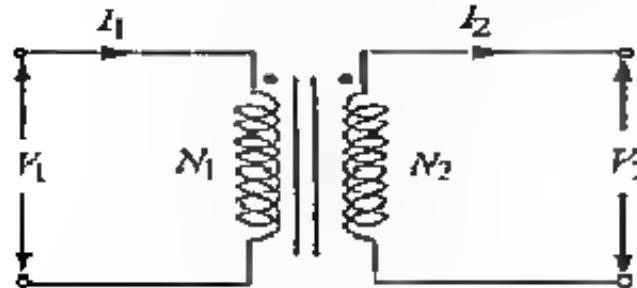
وجود مفاتيح حديدية ناتجة عن التيارات الدوامية Eddy Current والتخلفية

المغناطيسية Hysteresis Losses فإن كفاءة المحول المثالي 100%

كما سبق يمكن استنتاج المعادلة الأساسية للمحول التالي وهي :

$$E_1 / E_2 = N_1 / N_2 = I_2 / I_1 = K$$

وتسمى هذه النسبة (K) بنسبة التحويل للمحول Turns ratio



الشكل (5)

الدروس المستفادة من دراسة المحول المثالي

المحول في الحياة العملية به عدة مفاهيم تجعل كفاءته لا تصل إلى 100% ، ولذلك تم التخلي على أسباب الفقد للحصول على أعلى كفاءة كالآتي ،

1- حيث إن لفات الملف الابتدائي واللفات الملف الثانوي لهم مقاومة مادية R_1 R_2 R_3 تتوقف قيمتهما على نوع الموصل ومساحة مقطعه، وهذا يعني أن اندرة الدخلة تصبح أكبر من اندرة الخارجة وذلك للوجود مقعبد داخل الملف خلال هذه المقاومة، أي أنه يتم فقد جزء من الطاقة على شكل حرارة نتيجة مقاومة أسلاك المحول، لذلك يتم استخدام النحاس النقي ذي المقاومة النوعية الصغيرة.

2- يتم فقد جزء من الطاقة على شكل حرارة في القلب الحديدي بسبب استيارات الدوامية، لذلك يتم صنع القلب الحديدي على شكل شرائح معزولة عن بعضها.

3- يتم فقد جزء من الطاقة بسبب تحريك الجزيئات المغناطيسية للقلب الحديدي لذلك يتم صناعة القلب الحديدي للمحول من الحديد الصلب السليكوني المسحوب على انبارد من جهة الحبيبات.

4- في المحول المثالي ideal transformer يمر الفيض الناشئ من لفات الملف الابتدائي كله في القلب الحديدي دون تشتت أو تسريب حتى يقطع لفات الثانوي، وكذلك الحال بالنسبة للفيض الناشئ نتيجة مرور تيار في الملف الثانوي، ولكن الوضع يختلف بالنسبة للمحول الفعلي فبمجرد تمرير جزء من هذا الفيض خارج القلب الحديدي ويسمى بالفيض المتسرب leakage flux، وهذا الفيض المتسرب متناسب قيمته طردياً مع طول المسافة بين الملفين. فكلما تبعد الملفان عن بعضهما زاد معدل التسرب، لذلك يتم لف الملفين على بعضهما البعض مع عزلها بمادة عازلة.

وبذلك يتم تحسين كفاءة المحول لتصل إلى حوالي 95%، وبذلك يكون المحول الفعلي قريباً من المحول المثالي، ولذلك يتم استخدام المعادلات التي تم استنتاجها من المحول المثالي في المحول الفعلي.

المحول في حالة الإحمال Transformation load

المقصود بحالة الإحمال No load في المححول هو أن الحمل مفصول وتغير متصل بالمحول ويكون الملف الابتدائي فقط هو المتصل بمصدر الجهد (٧) انظر الشكل (٥)، فعند توصيل جهد المصدر بالملف الابتدائي فعلى الرغم من أن الملف الابتدائي يتكون من سلك من النحاس مقاومته صغيرة فانه من المفروض أن يمر به تيار كبير جداً، إلا أننا نلاحظ أنه يكاد يتعذر مرور التيار في الملف الابتدائي رغم اتصاله بمصدر الجهد (وبذلك عدما تكون دائرة الملف الثانوي متوحة) ويمر فقط تيار صغير يسمى تيار الإحمال (I₀) يسحب من المصدر، وهذا التيار الصغير يسمى بتيار الإثارة Excitation Current أو تيار المحفظة Magnetization Current.

هذا التيار يقوم بإثارة الملف الابتدائي وينشأ فيض مغناطيسي، هذا الفيض يمر في القلب الحديدي ويتكون لأثر:
 ١- دائرة مغناطيسية في قلب الابتدائي.

فالقلب الابتدائي يتكون من عدد N₁ من اللغات منفرد على القلب الحديدي المصنوع من مادة مغناطيسية، وهذا الملف يمر به تيار كهربى قيمته I₁ وبالتالي سوف تتكون دائرة مغناطيسية وتنشأ قوة دافعة مغناطيسية (mmf) mmf = NI تعمل على مرور فيض مغناطيسي في القلب الحديدي عساري

$$\Phi_1 = N_1 \times I_1 / R_1$$

و القيمة (N₁ × I₁) تساوي القوة الدافعة لمغناطيسية وتقاس بوحدة (أمبير/لفة)، ولما أني نقوم بدفع الفيض المغناطيسي في القلب الحديدي، و R₁ هي المقاومة المغناطيسية للملف الابتدائي، أي أن:

القوة الدافعة المغناطيسية = الفيض × مقاومة المغناطيسية

$$(mmf) = \Phi \times R_1$$

2- دائرة كهربية في الملف الابتدائي،

الفيض المتولد في اسلف لابتدائي يقطع لفات الملف الابتدائي وينشأ فيه قوة دافعة كهربية بالحث تكون قيمتها

$$e_1 = N_1 (d\Phi_1 / dt)$$

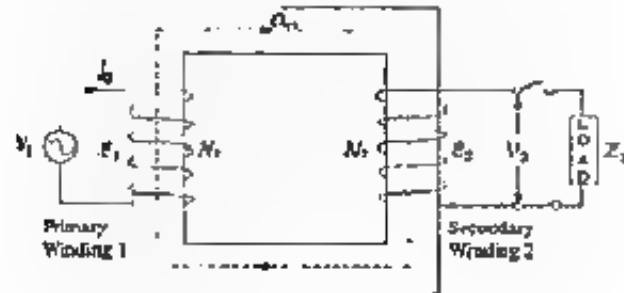
هذا الجهد المتولد بالحث يفاكس الجهد الأصلي للمصدر (طبقة القاعدة لينتز). ويسمى قوة دافعة كهربية عكسية (back EMF) Back ElectroMotive Force. وبالتالي سوف يصبح هناك قيمتان للجهد على الملف الابتدائي هما: جهد المصدر (V_1) والقوة الدافعة الكهربية العكسية (e_1) ويكون اتصافها عكس اتجاه جهد المصدر، وهذا يتسبب في جعل الجهد الفعلي الموجود على الملف الابتدائي لا يساوي V_1 ولكن يساوي ($V_1 - e_1$) وهذا الفرق في الجهد (وهو قيمة صغيرة) هو الذي يجعل قيمة Excitation Current صغيرة

3. دائرة كهربية في الملف الثانوي،

الفيض المتولد يمر في القلب الحديدي حتى يقطع لفات الملف الموجود في اليباب الثانوي لينشأ فيه قوة دافعة كهربية بالحث تكون قيمتها،

$$e_2 = N_2 (d\Phi_m / dt)$$

ولا تتولد دائرة مغناطيسية لأنه لا يمر تيار في الملف الثانوي أي أنه يوجد جهد على أطراف الملف الثانوي حتى في حالة عدم وجود تيار.



الشكل ٥

المحول في حالة الحمل Load Transformer

1- عند فتح دائرة الملف الثانوي (الشكل 7) وتوصيل حث كهربى فإن الجهد (\mathcal{E}_2) لصحرت في الحث انث توي يتسبب في مرور تيار (I_2) في الحث وفي ملفات الملف الثانوي وتتكون دائرة مغناطيسية وتنشأ قوة رافعة مغناطيسية (mmf) $\text{Magnetomotive force}$ تعمل على مرور فيض مغناطيسي في القلب الحديدي يساوي:

$$\mathcal{C}_2 = N_2 \times I_2 / R_2$$

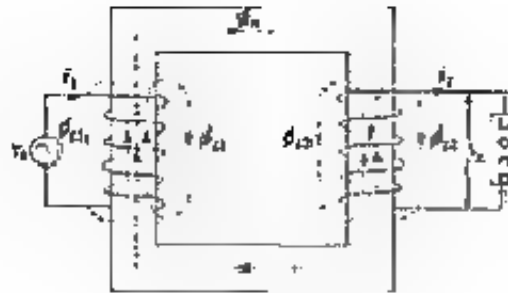
2- هذا الفيض «لمغناطيسي اجديد \mathcal{C}_2 المنوي في الملف الثانوي يقوم بمو الفيض المغناطيسي الأصلي (\mathcal{C}_1) في الملف الابتدائي وبالتالي تصبح محصلة الفيض هي

$$\mathcal{C}_m = \mathcal{C}_1 + \mathcal{C}_2$$

3- حيث ان الفيض للمحصن (\mathcal{C}_m) لق من الغيمى الأساسي (\mathcal{C}_1) فإن القوة الدافعة الكهربائية العكسية (\mathcal{E}_1) المتولدة بالحث في الملف الابتدائي تعز وبالثاني تزيد قيمة (\mathcal{E}_1) ليزيد التيار في الملف الابتدائي.
4- وهكذا كلما زاده التيار في الملف الثانوي يزيد لتيار في الملف الابتدائي بتلك القيمة.

5- ملاحظ أن تيار (I_m) أو $\text{Magnetization Current}$ لا يقتصر واما الذي سيتغير فقط هو التيار المسحوب من المصدر.

أي أنه يمر التيار الأصلي في الملف الابتدائي ويحدث استهلاك في الطاقة إذا كانت دائرة الملف الابتدائي والثانوي مغلقة فقط.



الشكل (7)

الدائرة المكافئة للمحول الكهربائي

الدائرة المكافئة للمحول هي طريقة لتحويل المحول إلى دائرة كهربائية بسيطة يمكن من خلالها معرفة خواص التشغيل الأساسية للمحول ويتم تمثيلها كالآتي:

أولاً تحليل تيار اللاحمل في المحول

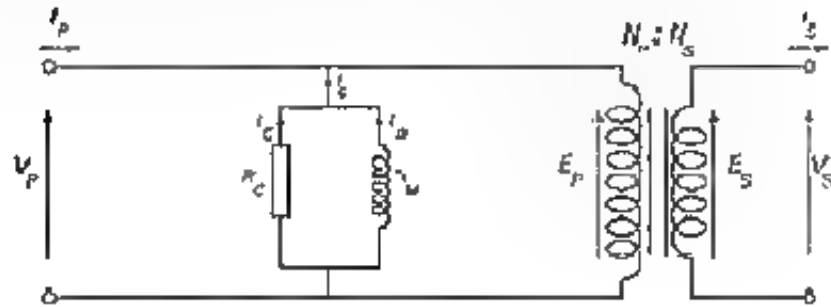
فالمحول في حالة اللاحمل no-load يسحب تياراً صغيراً يعرف بالقلب الابتدائي فقط وهو المسئول عن نشوء الفيض المغناطيسي والسبب في سحب هذا التيار هو:

1- لفيض المتردد حين يقطع موصل يتولد فيه تيار كهربائي، هذا الكلام ينطبق على الأسلاك النحاسية وعلى القلب الحديدي وهذا يعني أن القلب الحديدي سيمر به تيار حثي Induced Current هذا التيار يسمى بالتيار لدوامي Eddy Current وهذا التيار غير مرغوب فيه ويمثل فقد للقدرة على صورة حرارة تفقد في القلب الحديدي لذلك يتم تعويض القلب الحديدي بمقاومة RC يتم من خلالها مرور تيار اللاحمل I0

2- عند مرور الفيض في القلب الحديدي فإن جزيئات القلب الحديدي تتذبذب في اتجاه السجال المغناطيسي المسط عليها وعند فصل الدائرة الكهربائية

فإنه من المفترض أن يحتل تأثير المجال على الجزيئات، ولكن هذا صحيح فقط في المحول المثالي Ideal Transformer، أما في المحول الحقيقي Real Transformer فتتبقى على المادة الحديدية جزء من القدرة الحرارية حراً من المغناطيسية يسمى Residual Flux أي أننا قللنا جزءاً من القدرة للمغناطيسية داخل المادة الحديدية وهذه القدرة تسمى Hysteresis Losses يمكن تمثيلها في الدائرة المكانية على شكل ملف له معاوقة قدرها X_M .

3- لقدت الملف الابتدائي لها مقاومة مادية صغيرة جداً (R) يمر بها تيار، وبالتالي يتم رسم لمقاومة RC والملف X_M على التوازي في دائرة المحول، وسوف يتكون التيار 10 من جزئين الأول تيار فعال (Active Current) I_C يمر في RC مقاومة القلب الحديدي Core Resistance وهو المسئول عن سخونة القلب والثاني تيار غير فعال (Reactive Current) I_M يمر في X_M ممانعة القلب Core Reactance وهو المسئول عن توليد الفيض المغناطيسي، من هنا التمثيل نجد أن تيار اللا حمل ثابت ولا يتغير مع تغير الحمل والشكل (8) يوضح تمثيل تيار اللا حمل ومدومه وممانعته القلب الحديدي



الشكل (8)

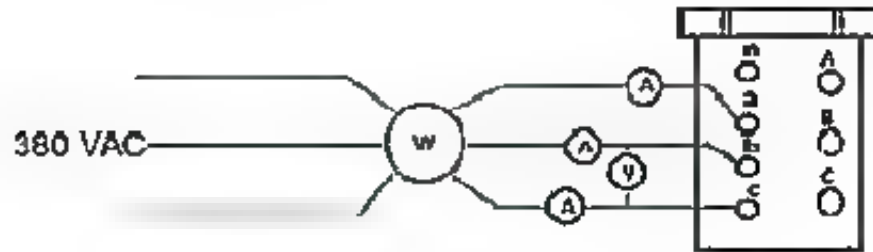
ويتم حساب قيم الممانعة الحثية (X_M) والمقاومة المادية (RC) وكذلك قيمة مفاتيد اللا حمل في المحول No Load Losses عن طريق اختبار الـ Open Circuit Test كما هو مبين بالشكل (9). ويتم هذا لاعتبار كالتالي

1- يتم توصيل الملف ذو الجهد المنخفض Low Voltage Winding بمصدر الكهرباء ويتم التغذية بقيمة الجهد الاسمي للملف (380 فولت)، ويترك

الملف ذا الجهد العالي High Voltage Winding مقترحاً .

٤- يتم توصيل فولتميتر Voltmeter وأمبير Ammeter وواتميتر Wattmeter وذلك لقياس الجهد (V) والتيار (A) والقدرة المسحورية (VA) في الجانب المتصل

بالمصدر.

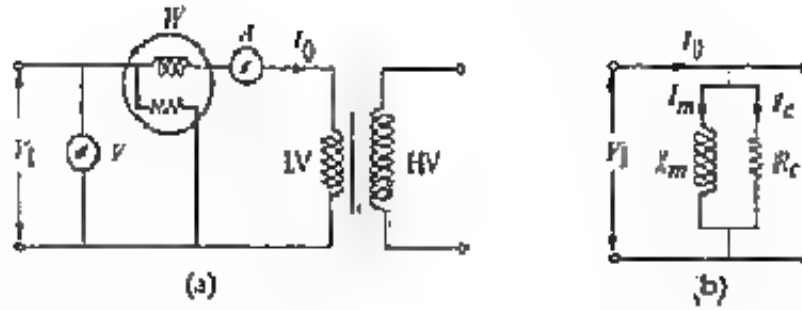


الشكل (9)

٣- لواتميتر سوف يقوم بقياس القدرة المفقودة في القلب الحديدي بالإضافة لقدرة المفقودة في مقاومة ملفات الملف الابتدائي، فإذا كن تيار الحمل يساوي 1% مثلاً من تيار الحمل الكامل (Rated current) (يعبر عن الحمل عادة بتراوح قيمته من 0.2% إلى 2% من تيار الحمل الكامل) فإن الخسائر الأومية Diode Loss في مقاومة ملفات الابتدائي تساوي تقريباً 0.01% من خسائر الحمل Load loss عند مرور تيار الحمل الكامل، فهذا يعني أن الطاقة المفقودة في ملفات الملف المنخفض والتي يتم حسابها من المعادلة التالية .

$$P = I_0^2 R$$

تكون صغيرة جداً (التيار قليل والمقاومة قليلة)، والهبوط في الجهد V في الملف الابتدائي يكون قليل أيضاً لذا يتم إهمال الخسائر الأومية Core Loss في مقاومته ملفات الابتدائي Primary winding Resistance مقارنة بالمقاومة في القلب الحديدي Core Loss لذا يمكن اعتبار أن القدرة PC الحقاصة تمثل القدرة المفقودة في القلب الحديدي فقط، كما هو موضح بالشكل (10).



الشكل (10)

القدرة المقاسة والتي تمثل القدرة انقودة في القلب الحديدي إذا كان جانب الجهد المنخفض موصلا على شكل دلتا Delta تساوي :

$$P_C = \sqrt{3} V \times I_0 \times \cos \theta_0 \text{ \& } \cos \theta_0 = P_C / \sqrt{3} V I_0$$

وتكون قيمة التيار الفعال I_C و لتيار غير الفعال I_M

$$I_C = (I_0 / \sqrt{3}) \times \cos \theta_0 \text{ \& } I_M = (I_0 / \sqrt{3}) \times \sin \theta_0$$

وتكون قيمة منازمة القلب الحديدي R_C وقيمة ممانعة القلب X_M

$$R_C = P_C / I_C^2 = 3 V^2 / P_C \text{ \& } X_M = V / I_M$$

القدرة المقاسة والتي تمثل القدرة انقودة في القلب الحديدي إذا كان جانب الجهد المنخفض موصلا على شكل نجمة Star تساوي :

$$P_C = \sqrt{3} V \times I_0 \times \cos \theta_0 \text{ \& } \cos \theta_0 = P_C / \sqrt{3} V I_0$$

وتكون قيمة التيار الفعال I_C و لتيار غير الفعال I_M

$$I_C = I_0 \times \cos \theta_0 \text{ \& } I_M = I_0 \times \sin \theta_0$$

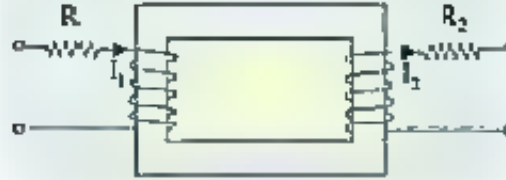
وتكون قيمة منازمة القلب الحديدي R_C وقيمة ممانعة القلب X_M

$$R_C = P_C / I_C^2 = V^2 / P_C \text{ \& } X_M = (V / \sqrt{3}) / I_M$$

ثانيا- تمثيل المعاوقة (المقاومة الحادية و لمفاعلة الحثية) في ملفات المحول

١- تمثيل المقاومة الحادية في ملفات المحول

الملف الابتدائي والملف الثانوي يصنع غالباً من مادة نحس التي لها مقاومة محددة، فالملف الابتدائي مكون له مقاومة مقدارها R_1 والملف الثانوي له مقاومة مقدارها R_2 ولشكل (11) يوضح تمثيل معاوقة الملف الابتدائي والملف الثانوي.



الشكل (11)

ويمكن حساب مقاومة الملفات بالنسبة للملف الابتدائي *Referen. to Primary* أو بالنسبة للملف الثانوي *Referen. to Secondary* مقاومة الملف الثانوي عندما يتم حسابها في اتجاه الملف الابتدائي تساوي مقاومة الملف لثانوي على مربع نسبة التحويل (حيث إن K هي نسبة التحويل)، ومقاومة الملف الابتدائي عندما يتم حسابها في اتجاه الملف الثانوي تساوي مقاومة الملف الابتدائي في مربع نسبة التحويل.

$$R'_1 = R_1/K^2$$

وبالتالي تصبح المقاومة المحصلة في اتجاه الملف الابتدائي تساوي R01

$$R_{C1} = R_1 + R'_2 = R_1 + R_2/K^2$$

وتصبح المقاومة المحصلة في اتجاه الملف الثانوي تساوي R02

$$R_{C2} = R_2 + R'_1 = R_2 + R_1/K^2$$

نتيجة لوجود هذه المقاومات فإنه يحدث هبوط في الجهد في كلا الملفين.

فالجهد المتولد بالحث في لفات الملف الابتدائي (E_1) يساوي الفرق بين جهد

المصدر (V_1) والعدد $[I_1 R_1]$

$$E_1 = V_1 - I_1 R_1$$

والجهد في الجانب الثانوي (V_2) يقل عن جهد المتولد بالحث في لفات الملف

الثانوي (I_2) بمقدار $[I_2 R_2]$

$$V_2 = E_2 - I_2 R_2$$

2. حساب مقاومة الملفات في المحول

في المحول المثالي افترضنا أن الفيض المتولد في لفات الملف الابتدائي

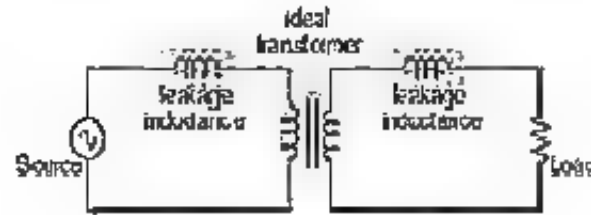
ولمف الثانوي يمر كله في القلب الحديدي دون تسرب أو تشتت. ولكن في

المحول العملي يوجد جزء من كل فيض يتسرب خارج القلب الحديدي يسمى

الفيض المتسرب Leakage Flux

وهذا الفيض المتسرب مناسب قيمته طردي مع طول المسافة بين الملفين،

فكلما قُباعد الملفان عن بعضهما زاد معدل التسرب لذا يتم وضع الملف الابتدائي والملف الثانوي بعضهما فوق بعضي لتقليل الترخي المتسرب



الشكل (12)

هذا التسرب في العيىس يعدل على حدوث مبيوط في اليهد أيضا.
فاليهد المتولد بالحث في لفات الملف الابتدائي (F1) يساوي الفرق بين جهد المصدر (V_1) والمقدار ($I_1 X_1$) أي أن: $E_1 = V_1 - I_1 X_1$
والحث في الحائث الثانوي (V_2) يقل عن اليهد المتولد بالحث في لفات الملف الثانوي (E_2) بمقدار ($I_2 X_2$) أي أن: $V_2 = E_2 - I_2 X_2$
وبالعالي سوف يحدث مبيوط في جهد المصدر V بمقدار $I_1 X_1$ بالإضافة للمقدار $I_1 R_1$.
ويحدث مبيوط في اليهد المتولد بالحث في الملف الثانوي E_2 بمقدار $I_2 X_2$ بالإضافة للمقدار $I_2 R_2$.

$$V_1 = E_1 + (R_1 + jX_{L1})I_1$$

ويمكن تمثيل المقاومة والممانعة للملف الابتدائي والملف الثانوي بنموذج كما في الشكل (13):

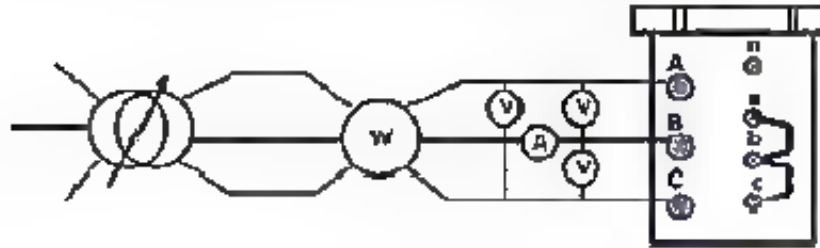


الشكل (13)

يمكن حساب القيم $R1, X1, X2$ من خلال اختبار يعرف باسم Short Circuit Test ويتم هذا الاختبار كالآتي:

١- يتم عس قصور Short على ملفات الجهد المنخفض بذلك سمك، ويتم تغذيته بملفات الجهد العالي بمصدر جهد يمكن التحكم في قيمته عن طريق ريجا فولت Rega Volt أو حارياك Variak .

٢- يتم توصيل فولتميتير Voltmeter وأميتر Ammeter وواتميتر Wattmeter وذلك لقياس الجهد (V_{SC}) والتيار (I_{SC}) والقدرة المسحوبة (P_{SC}) في الجانب المتصل بالمصدر كما في الشكل (١٤)



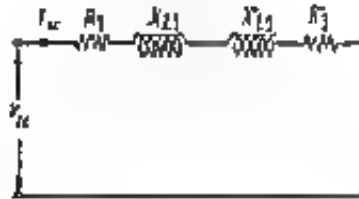
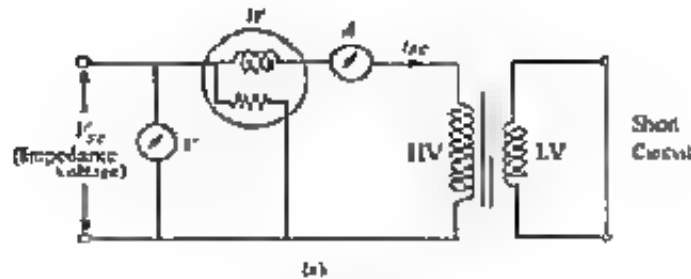
الشكل (14)

٣- يتم رفع الجهد تدريجياً من الصفر على ملفات الابتدائي وقياس التيار حتى نصل إلى القيمة الاسمي للتيار Rated Current، فإن الجهد الذي يسبب مرور قيمة التيار الكلي يسمى جهد المعوقة Impedance Voltage وهو يساوي نسبة معينة من الجهد الكلي وتسمى $Z\%$ ، فمثلاً إذا كانت قيمة الجهد الاسمي Rated Voltage للملف الابتدائي 6100 فولت، وكانت قيمة الجهد التي تسبب مرور التيار الاسمي هي 330 فولت، فهي تساوي 5% من قيمة الجهد الاسمي، فإن جهد المعوقة هي هذه الحالة يساوي 5% .

٤- حيث إن قيمة تيار اللاحس تساوي تقريباً 1% من التيار الاسمي للمحول Rated Current وذلك عند تسليط الجهد الاسمي Rated Voltage على نحافة الجهد المنخفض، كما تبين ذلك من اختبار اللاحس No Load Test، أما في اختبار Short Circuit Test فنلاحظ أن نسبة صغيرة جداً من جهد المصدر حوالي 9% تعمل على مرور التيار الاسمي للمحول لذلك يتم إهمال قيمة

تيار اللاحمل في هذا الاختبار لأنه عندما كانت قيمة الجهد تساوي 100% (قيمة الاسمية) كانت قيمة تيار اللاحمل تساوي 1% من التيار الاسمي، وبالتالي عندما تكون قيمه الجهد 5% مثلا فإن تيار اللاحمل يكون قيمه صغيرة جداً جداً يمكن إهمالها.

حيث إن قيمة R% تكون أقل بكثير من Z% لذا يمكن اعتبار أن X% تساوي تقريباً Z%.



(b)

الشكل (16)

المعاوقة الكلية المقاسة إذا كان جانب الجهد العالي موصلًا على شكل دلتا

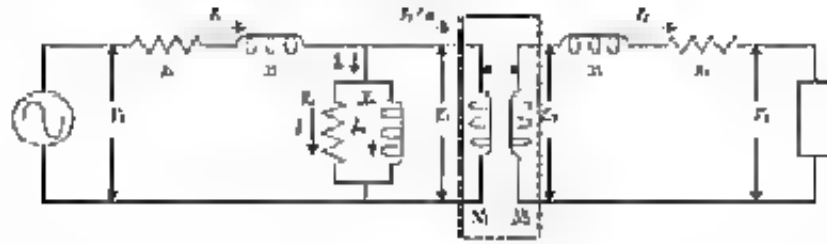
Delta (الشكل 16) تساوي-

$$R_{eq} = \frac{P_{sc}}{(I_{sc})^2}$$

$$Z_{eq} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_{sc}}{I_{sc}}$$

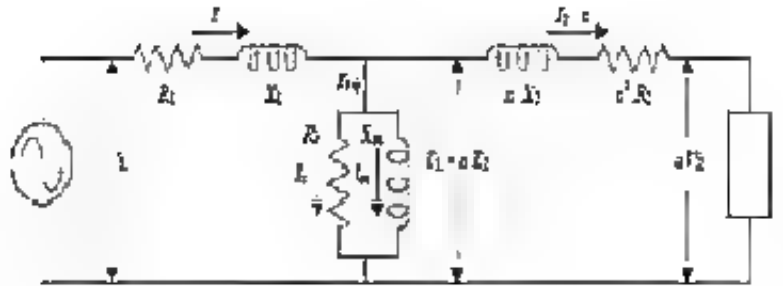
$$X_{eq} = \sqrt{|Z_{eqHV}|^2 - |R_{eqHV}|^2}$$

لدائرة المكافئة للمحول تكون كالآتي (يفترض أن نسبة التحويل هي (a):

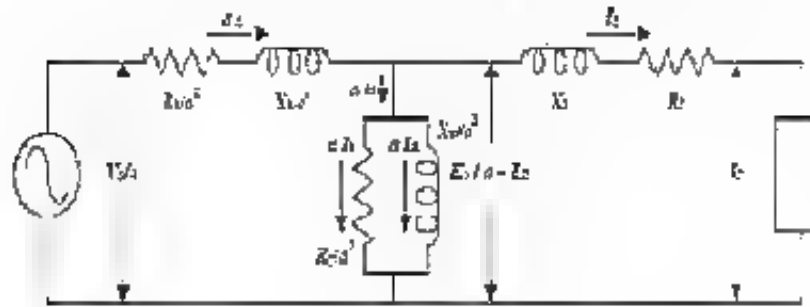


الشكل (16)

والدائرة المكافئة للمحول بالنسبة لناحية الملف الابتدائي تكون كالآتي .

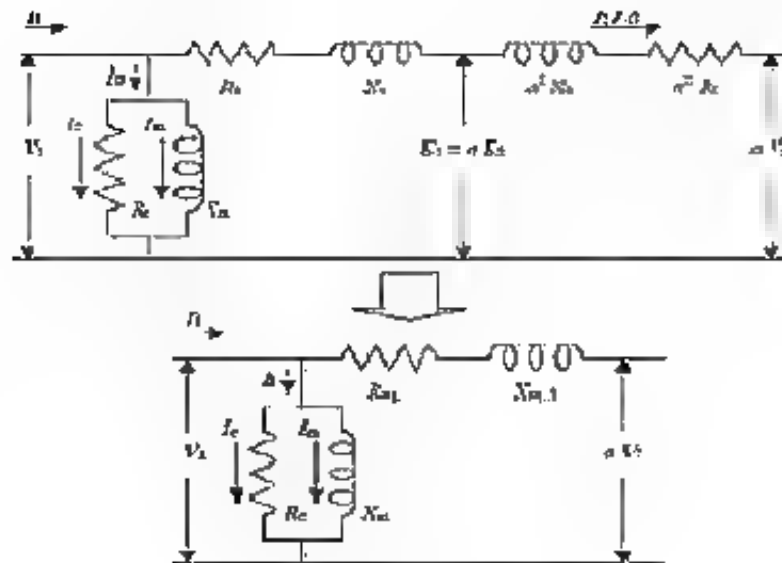


والدائرة المكافئة للمحول بالنسبة لناحية المبدأ الثانوي تكون كالتالي :



الشكل (18)

وتكون الدائرة المكافئة للمحول في أبسط صورها كالتالي :



الشكل (19)

الفصل الثالث

تركيب المحول

الاجزاء الرئيسية للمحول

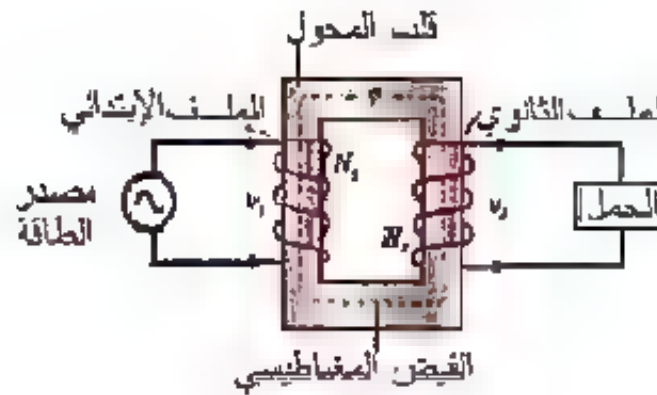
يتكون المحول من أجزاء أساسية أو رئيسية لا بد أن تكون موجودة في كل محول كهربى ويسمونها لا يعمل المحول، ويوجد هناك أجزاء مساعدة توجد في بعض المحولات، ولا توجد في المحولات الأخرى، وذلك حسب حجم المحول وقدرته وأماكن استخدامه وطرق تبريده.

والأجزاء الرئيسية للمحول كما هو موضح بالشكل (١) هي :

١- الملف الابتدائى The Primary Winding

٢- الملف الثانوى The Secondary Winding

٣- القلب الحديدي The Core



١ - الملف الابتدائي The Primary Winding

ملف يصنع غالبا من السلاك معزولة من النحاس الأحمر لثقي، وجميع لفات معزولة عن بعضها وعن القلب الحديدي عزلاً كهربياً، ويأخذ النحاس لهذه أسباب منها

1- قابليته العاليه للتوصيل الكهربى .

2- بطء التأكسد.

3- يتحمل الهواء الرطب.

4- درج انصباره عالية.

5- سهل اللحام

6 سهل المسح والتشكيل.

وقد يصنع الملف من الألومنيوم حيث إنه أخف في الوزن وأرخص في السعر ولكن مساحة المقطع تكون أكبر من مثيله في النحاس ويستخدم في المحولات الصغيرة فقط

وتختلف درجة العزل ومساحة المقطع باختلاف قيمة الجهد وقيمة التيار المار به، ويتصل طرفا الملف الابتدائي بمصدر الجهد لمتروود سواء كان جهد هذا المصدر عالياً أو منخفضاً.

2 - الملف الثانوي The Secondary Winding

ملف يصنع غالبا من النحاس المعزول، ويتصل طرفاها بالدائرة امر د امداد بالتبر العرود الناتج، أي يتم توصيله بالحمل وقد يكون جهد هذا الملف عالياً أو منخفضاً، وفي المصنوعات العملية يكون الملفان الابتدائي والثانوي يحصهما داخل بعض وذلك لمنع تسرب بعض خطوط الفيض المغناطيسي خارج القلب الحديدي فتقطع خطوط العيمن جميعها «ملف التاموي

ويمكن عمل مقارنة بين ملفات «جهد العالي» و«ملفات الجهد المنخفض» كالآتي:

ملفات الجهد العالي «Lugh Tension Winding» هي الملفات التي يتم توصيلها

بالجهد العالي (سواء كانت ملفاً ابتدائياً أو ملف ثانوياً)

- ١- الصفات من سلك رفيع لأن اختيار يكون صغيراً.
- ٢- العزل يكون كبيراً لأن الجهد يكون عالياً.
- ٣- عدد اللفات كبير لأن الجهد يكون كبير (جهد اللفة ثابت)
- ٤- الصفات تكون من الخارج و صفات الجهد المنخفض تكون من الداخل لأن الجهد عالٍ.

ملفات الجهد المنخفض Low Tension Winding هي الملفات التي يتم توصيلها بالجهد

المنخفض (سواء كانت ملفاً ابتدائياً أو ملفاً ثانوياً).

- ١- الصفات من قضبان سمكية لأن اختيار يكون كبيراً
- ٢- العزل يكون قليلاً لأن الجهد يكون صغيراً.
- ٣- عدد اللفات قليل لأن الجهد يكون صغيراً.
- ٤- الصفات تكون ملفوفة على القلب الحديدي لأن الجهد منخفض ولا يحتاج عزلاً كبيراً.

٣- القلب الحديدي The Core :

- ١- في البداية كانت الملفات من النوع ذات القلب الهوائي، وهي تلك الملفات التي يشغل الهواء ما بداخل إطاره اندخل وحث الدائري لعن هذه الملفات صغير، وبالتالي كانت خطوط الفيض التسريبة leakage current (أي التي لا تقطع الملفات) كثيرة.
- ٢- لزيادة تركيز خطوط الفيض تم تصنيع الملفات من النوع ذي القلب الحديدي حيث يتركز المجال المغناطيسي داخل رصوف الملف ولا يشرذم كثيراً خارجاً وبالتالي يربط من هذا الملف،
- ٣- ومع تطور صناعة المحولات تم صناعة القلب من الحديد الصلب السليكوني (بنسبة 5% من وزن الحديد) وذلك لزيادة تركيز خطوط الفيض، فالحديد الصلب له كفاءة عالية لتحرير الطاقة المغناطيسية وذلك لارتفاع انفاذية النسبية Permeability، كما أنه يعطي أقل قدر ممكن من مفقدات التيارات الدوامية eddy current مما يساعد على رفع كفاءة التحول

يخصص المحولات ولا توجد في البعض الآخر، وهذه الأجزاء المساعدة هي :

١٠-١ الخزائن الرئيسية

يصنع الخزائن من حديد غير مغناطيسي ، وهو مصمم لنزول الجو الخارجي عن المحول ونحصد الاهتزازات ولفصله ويقوم بحمل كتلة السحور من قلب حديدي وملفات ومواد مازلة وتعتمد الخزانات الرئيسية في المحولات بتعدد أشكالها حسب قدرة المحول فمنه الدائري و المستطبي والقطع الباقصه ففي القدرات الصغيرة يكون سطح الخزان مسطح Plain Tank حيث يكون سطح المستوى كافها لتخلص من الحرارة المتولدة بالملفات والتي تنفق إليه بواسطة زيت التبريد، وفي القدرات المتوسطة يحتوي الخزان على رعاكب Fins أو مواسير جانبية Taked Tank حيث يتم إضافة سطح تبريد على شكل أنابيب خارجية يتم لاسمها على جسم الخزان وتكون مساوية متوازياً لتوازن الزيت داخلياً، وفي القدرات الباقية يتم تركيب مشعاع تبريد على الخزان Radiators على الجوانب الأربعة للمحول.

رفائفة الخزان الرئيسي تتمثل في الآتي:

- ١- حماية القلب الحديدي والملفات
- ٢- حمل أطراف ومخرج التوصيل
- ٣- وضع وحفظ الزيت المستخدم في تبريد وعزل المحول.
- ٤- حمل مواسير الإشعاع للمحول.

2 الخزائن الإصايع Conservator

هو خزان أو تانك صغير يوضع فوق الخزان الرئيسي ويوضع فيه كمية من الزيت لتعويض تمدد وانكماش الزيت في الخزان الرئيسي، فتشراً لأن درجة حرارة المحول غير ثابتة نتيجة الدوامل الجوية وتغير لأحمال فوجود الخزان الإصايع يحافظ على عدم زيادة الضغط نتيجة تمدد الزيت داخل المحول وأيضاً عدم نقص الزيت، ويعمل على المحافظة على جودة الزيت بتقليل احتمالات تأكسده أو تعرضه للرطوبة عن طريق تقليل سطح الزيت الذي قد يتعرض للهواء

إلى أقل حد ممكنه فمن مواصفات زيت المحولات أن له معامل تمدد حجمي (0.00075 سم³ / سم³ درجة) أي أن حجم الزيت يزداد بزيادة درجة الحرارة ويقل ينقص درجة الحرارة، لذا كان لابد محول به 1000 لتر زيت عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، فإذا زادت سوحة حرارة الزيت وأصبحت 95 درجة، فإن حجم الزيت سيؤداد ويمكن حساب الزيادة في حجم الزيت من المعادلة التالية:

الزيادة في حجم السائل

ΔV - معامل التمدد الحجمي × الحجم الأصلي × فرق درجة الحرارة

$$\Delta V = 0.00075 \times 10(100 \times 70) = 525 \text{ لتر}$$

حجم السائل (عند درجة حرارة 95)

$$V_{95} = V_{25} + \Delta V = 1000 + 525 = 1525$$

أي أن الزيادة تكون 525 لتر. وهذا قد يسبب مشاكل للسيور. فإذا كان احتياك الزيتي محكم الفلق فإن هذه الزيادة في حجم الزيت قد تؤدي إلى انفجار المحول، ولذلك يتم إضافة احتياك الاحتياطي ويكون حجم الفائق الاحتياطي 10/8 (عشر) حجم الفائق الرئيسي.



الشكل (22)



الشكل (21)

فالسيهم رقم 1 في الشكل (21) يشير إلى الخزان الاحتياطي، والسيهم رقم 2 يشير إلى مكان دخول الخزائ الاحتياطي في الخزائ الرئيسي وهو دائماً يكون في قاحبة البوشنج الفاضي بالضغط المنخفض.

تعتمد ارتفاع درجة الحرارة يحدث زيادة في حجم الزيت فيتمدد الزيت داخل التناك الاحتياطي وعندما يبرد الزيت ينكمش فيتم استواء الزيت منه ، فإذا كانت درجة الحرارة منخفضة وتم ملء التناك الرئيسي والتناك الاحتياطي بالزيت فستزيد درجة الحرارة يزداد حجم الزيت ويزداد الضغط مسبب مشاكل كبيرة جدا منها عمن جهاز زيادة ضغط الزيت Oil Relief Valve أو حدوث صفح شريط، وإذا كان المحول محكم الغلق وليس به جهاز زيادة ضغط الزيت، فمن الممكن حدوث فك الجسم المحول عند أضعف نقطة حجم وإذا كانت درجة الحرارة عالية وتم ملء التناك الرئيسي ولتناك الاحتياطي بالزيت بعد انخفاض درجة الحرارة يقل حجم الزيت عند لا يغطي الزيت جزء من القلب الحديدي والملفات.

2 جهاز استشاس الرطوبة أو التنفس (Breathing Device)

حيث إن حجم الزيت يتغير بالزيادة والنقصان تبعاً لدرجة الحرارة ، فلا بد أن يصاحب ذلك عملية تنفس للمحول بمعنى أن يطرد المحول هواء عند ارتفاع درجة الحرارة نتيجة تمدد الزيت ، ثم يمتص الهواء عند انخفاض درجة الحرارة، لكي نضمن دخول الهواء جافاً إلى المحول فإن الهواء يمر من خلال وعاء به ملح ماص للرطوبة يسمى السليكا جل (سليكات الألومنيوم)، ويكون هذا الجهاز دائماً موجوداً بالمحولات التي يكون بها خزان احتياطي، كما بالشكل (23).



الشكل (23)

3- مؤشر منسوب الزيت Oil-level indicator

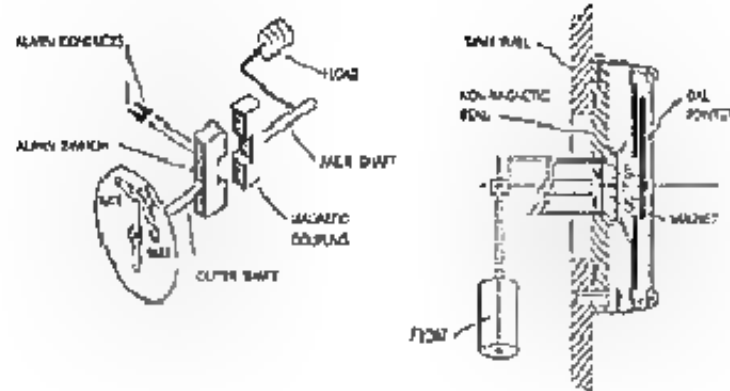
إن نقصان مستوى الزيت يدل على أن هناك تسريب من المحور، فلمراقبة مستوى الزيت أثناء الخدمة يتم استخدام عدداً به مؤشر يتم تركيبه على الخزان الاحتياطي Magnetic oil - level indicator بوصفح منسوب الزيت Oil level عند أي درجة الحرارة، حيث يتم تعبئة الزيت في المحور حسب درجة حرارة الوسط المحيط وإلى المستوى المقابل لتلك الحرارة على النبين، والسهم رقم 3 في الشكل (2) يشير إلى هذا المؤشر ويتكون من أعداد مت:

1- عوامة داخل الخزان الاحتياطي مرتبطة بمغناطيس له قطبان (شمالي وجنوبي) والعوامة والمغناطيس مثبتان في الناحية الداخلية لأحد جوانب الخزان الاحتياطي.

2- يتم تثبيت المغناطيس آخر له قطبان (شمالي وجنوبي) ومربوط بهذا المغناطيس مؤشر Pointer في الناحية الخارجية لنفس الجانب ويتم تثبيت هذا المغناطيس في وضع عكس المغناطيس الأول.

3- نلاحظ أنه لا يوجد اتصال ميكانيكي بين عوامة والمؤشر، حتى لا يصبح عند مستوى الزيت مصدر من مصادر تسريب أو توث الزيت.

4- عند زيادة منسوب الزيت فإن العوامة تتحرك، ويلتاني فإن المغناطيس المربوط مع العوامة سوف يتحرك أيضاً، بحيث إن المغناطيس لثاني مثبت في وضع عكس المغناطيس الأول فسوف يحدث تحاذب بين قطبي المغناطيسين (القطب الموجب للمغناطيس الأول مع القطب السالب للمغناطيس الثاني، وجذب القطب السالب للمغناطيس الأول مع القطب الموجب للمغناطيس الثاني) نتيجة لذلك سوف يور المغناطيس لثاني مسبباً دوران المؤشر ليبيان مستوى الزيت المناسب لدرجة الحرارة



الشكل (24)

د- فعند ملء المحلول بالزيت عند درجة حرارة ($20\pm$) فإن حجم الزيت يكون قليلاً، وبالتالي سوف يقل مستوى الزيت و يشير المؤشر على درجة ($20\pm$) على عداد مبدئين مستوى الزيت، وكذلك إذا تم ملء المحلول عند درجة حرارة ($20\pm$) فسوف يشير المؤشر إلى درجة ($20\pm$) على عداد مبدئين مستوى الزيت. أي أن هذا المؤشر يوضح العلاقة بين درجة حرارة التشغيل ومستوى الزيت.

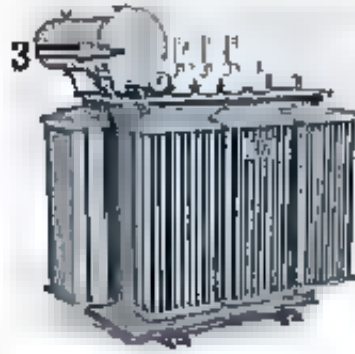
6- تكون قيمة الـ Max عند درجة حرارة ($80\pm$) طبقاً للموصفة الأمريكية ANSI.

7- وللتأكد من أن هذا المؤشر يعمل بطريقة سليمة يتم النظر إلى درجة حرارة المحلول من عداد درجة حرارة الزيت ثم يتم النظر إلى مؤشر مستوى الزيت الذي سوف يكون عند مستوى يلائم درجة حراره المحلول ويوجد أنواع من هذا المؤشر بها نقاط مساعدة لإعطاء إنذار alarm أو قص trip للمحلول نتيجة لنقص مستوى الزيت.



شكل (25)

ويوجد نوع آخر من مؤثر الزيت يسمى المؤثر الأنبوبي يشير إليه السهم
وقم 3 في الشكل التالي



الشكل (26)

3. ملغي الزجهـ Tap Changer

لاحظنا أنه عند حدوث مبرط للجهد فإن جهد اللعة في الملف الابتدائي يقل،
وبالنسبة إلى جهد اللعة في لعلف الثانوي وتكون النتيجة هي انخفاض جهد
الملف الثانوي ، مما سبق يتبين أنه للتغلب على ظاهرة الهبوط في اسجهـ لا بد
من المحافظة على ثبوت جهد اللعة.

وحيث إن جهد اللعة يتأثر بمـسـيـن ،

1 الحيد على اسلف الابتدائي وهو يتغير حسب جهد المصدر وظاهرة الهبوط
في الجهد.

1- عدد اللفات وهو ثابت،

إذن لتبوت جهد اللثة لابد من تغير عدد اللفات مع تغير الجهد ، فإذا زاد الجهد يتم زيادة عدد اللفات وعند الهبوط في الجهد يتم تقليل عدد اللفات، وهذه العملية تتم عن طريق مغير الخطوة أو مغير الجهد Tap Changer

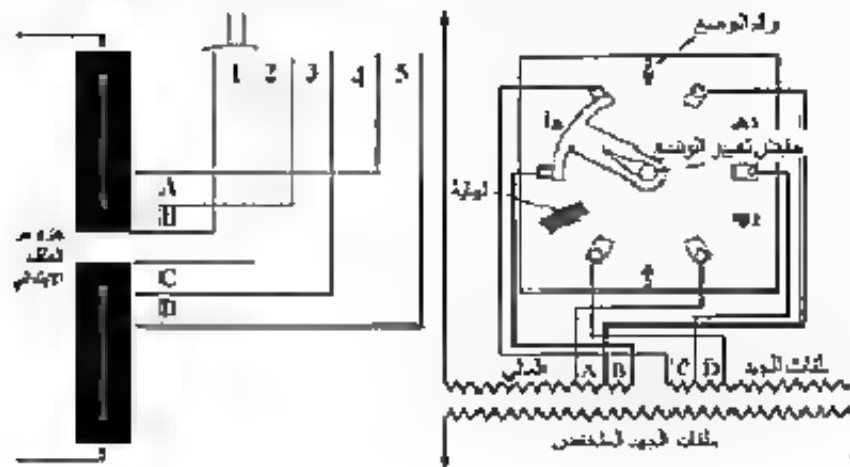
أنواع مغير الجهد Tap Changer type ،

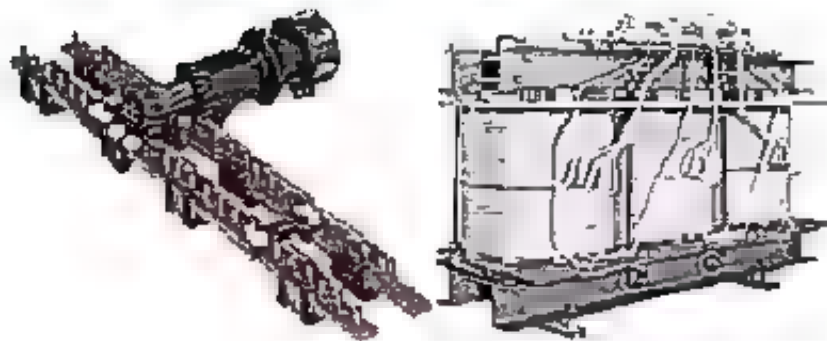
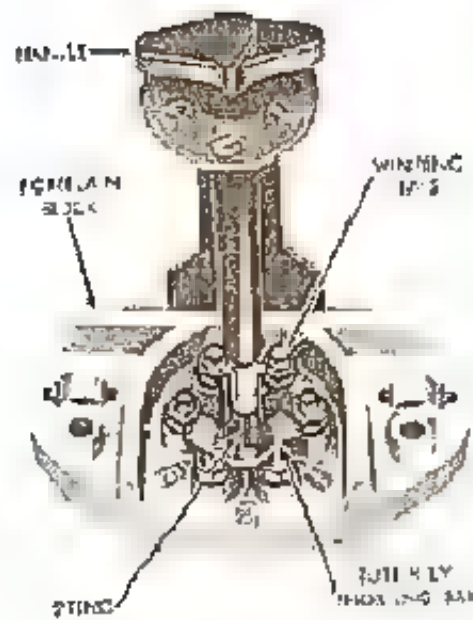
- 1- مغير الجهد بدون حمل وفيه يتم فصل المحول عن الشاهيتين ثم يتم تغير الجهد.
- 2- مغير الجهد على الحمل وفيه يتم تغير الجهد والمحول في الخدمة

أولاً مغير الجهد بدون حمل Off Load Tap Changer

عالمشكل (27) يوضح فكرة عمل مغير الجهد حيث يتم أخذ جزء من الملف الابتدائي (5% من الملف) ويتم تقسيمه إلى أربعة أجزاء A, B, C & D ويتم خروج ستة أسراف تمثل خمسة أوضاع كالآتي:

- 1- الوضع 1 يعني كل اللفات في الدائرة (أعلى جهد خرج).
- 2 الوضع 2 يعني أن الجزء A خارج الدائرة.
- 3 الوضع 3 يعني أن الجزء B+C خارج الدائرة.
- 4 الوضع 4 يعني أن الجزء A+B+C خارج الدائرة.
- 5- الوضع 5 يعني أن الجزء A+B+C+D خارج الدائرة (أدنى جهد خرج).





الشكل (27)

ردائما نجد الجدول التالي على لوحة بيانات المحول إذا كان المحول 6600 /

100 قوت

وضع مخبر الجهد	جهد الابتدائي المقنن	جهد الثانوي في الاحمل	عدد لفات الابتدائي
1	69300		عدد لفات المقنن + 6.9%
2	6765		عدد لفات صغير + 2.5%
3	6600	400	عدد لفات مقنن
4	6435		عدد لفات صغير 2.5%
5	6270		عدد لفات صغير 5%

إن معرفة الجهد على الملف الابتدائي (بعد حساب الهبوط في الجهد) هو الذي يحدد وضع مخبر الجهد، مثلاً:

1- إذا كان جهد المصدر 6600 فولت فيتم وضع مخبر الجهد على الوضع 3، فهذا

يعني أن جهد اللثة يساوي $6600 / (\text{عدد لفات الملف الابتدائي} - \text{عدد لفات الجزء B+C})$ وبذلك يكون جهد ثانوي 400 فولت.

2- إذا أصبح جهد المصدر 6765 فولت مثلاً وتم تثبيت مخبر الجهد على الوضع

3، فإن ذلك يعني زيادة الجهد، حيث إن ثبوت عدد لفات مع زيادة الجهد يؤدي إلى زيادة جهد اللثة في الملف الابتدائي ولثانوي، وبالتالي يريد الجهد في الملف الثانوي إلى أكبر من 400 فولت وهذا يؤثر على الأحمال، لذلك نلجأ إلى زيادة عدد لفات حتى يتم ثبوت جهد اللثة فيتم وضع مخبر الجهد على الوضع 2 فيصبح جهد اللثة يساوي $6600 / (\text{عدد لفات الملف الابتدائي} - \text{عدد لفات الجزء A})$

3- وإذا أصبح الجهد 6435 فولت، وكان مخبر الجهد على الوضع 3 فإن ذلك

يعني نقص الجهد مع ثبوت عدد لفات، والذي يؤدي إلى نقص جهد اللثة فيمل الجهد في الملف الثانوي، لذلك نلجأ إلى تقليل عدد لفات حتى يتم ثبوت جهد اللثة فيتم وضع مخبر الجهد على الوضع 4 فيصبح جهد اللثة يساوي $6600 / (\text{عدد لفات الملف الابتدائي} - \text{عدد لفات الجزء A+B+C})$.

مثال عملي،

إذا كان لدينا محول قدره 400 ك.ف.أ جهد 6600 / 100 فولت يبعد مسافة 22 كيلومتر عن المصدر (مواد كهربائي جهد 6600 فولت) ومساحة مقطع الكابيل 120 مم² نحاس ومعزول بمادة XLPE فنظرا لظاهرة الهبوط في الجهد فإن الجهد يصل إلى المحول 6200 فولت وليس 6600 فولت، وبالتالي فإن جهد الخرج يصبح 357 فولت، وبالتالي فإن الأحمال سوف لا تعمل بصورة مرضية.

هكيف يتم حل هذه المشكلة ؟

إذا تم وضع مغير الجهد على الوضع S فإنه، كما سبق، يتم إلغاء عدد معين من لفات الملف الابتدائي بزيادة جهد اللف في الملف الابتدائي، وبالتالي يزيد جهد اللف في الملف الثانوي ويصبح جهد الخرج 390 فولت وبالتالي يتم التخلص من ظاهرة الهبوط في الجهد.

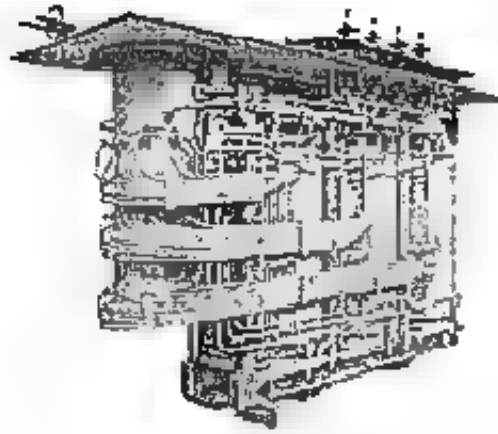
آين ولماذا توضع ملفات مندر الجهد؟

توضع ملفات مغير الجهد دائما ماحية الجهد العالي للأسباب الآتية .

- 1- الملفات إلى الخارج فيسهل أخذ الأطراف.
- 2- لفات قليل فتكون الملامسات والبيات والمسامير أقل في الحجم وأوزن.
- 3- عدد لفات كبير يمكن أخذ أي عدد بدون أي خطأ محوظ.

ثانياً: مغير الجهد على الحمل وفيه يتم تغيير الجهد والمحول في الخدمة

في هذا النوع يكون التغيير لك الحمل والمحول متصل بالحمل أي لا يتم لفصل المحول من الخدمة . حيث إنه مسموح لكبح الثيارات العالية عند التغيير ولتتم وصول الشرارة يجب وجود زيت في صندوق مغير الجهد، ويكون هذا النوع من صغرات الجهد إما مستقلاً معزولاً عن خزان المحول أو يثبت بخزان المحول وهناك محرك يفرم بعملية تغيير الجهد.



الشكل (28)

مكونات مغير الجهد على حمل ١

١ - مفاتيح الاختيار Sector Switches :

وهذه المفاتيح تقوم باختبار وضع مغير الجهد على الملفات

٢ - المفاعل Reactor :

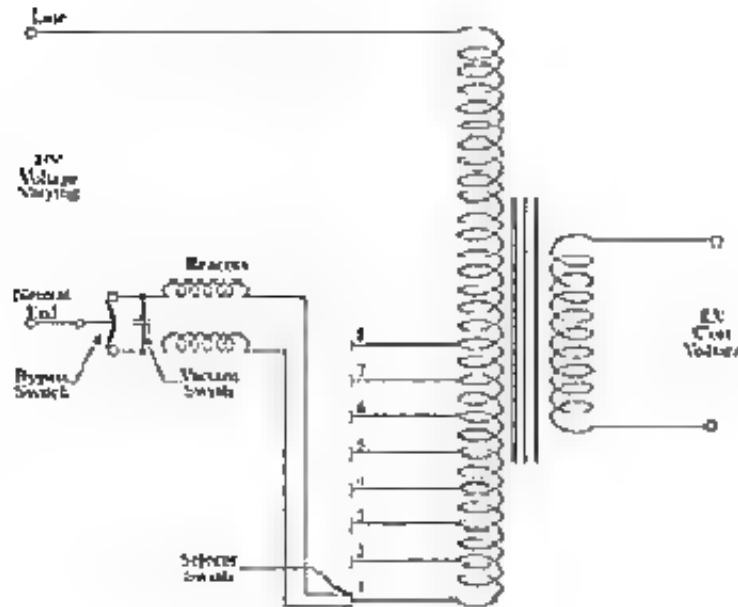
من أهم فوائد مغير الجهد على حمل هو عدم انقطاع التيار أثناء عملية تغيير وضع مغير الجهد، لذلك فبعد تغيير وضع مغير الجهد من نقطة إلى نقطة أخرى فسوف يكون هناك فترة زمنية يكون فيها مفتاح الاختيار متصلاً بكلتي النقطتين، نتيجة لوجود فرق في الجهد بين النقطتين على ملفات المحور سوف يسلك تيار درار Circulating current لذلك يتم وضع المفاعل Reactor لزيادة معاوقة الدائرة بالحد من التيار الدوار، ومن حالة التسخين العادي من تيار الحمل يمر بالتساوي في نصفي مدغاب المفاعل فالمغناطيس المتولد في النصف الأول يلقي الفيض المتولد في النصف الثاني ويكون الفيض المحصل يساوي صفر، ونتيجة لعدم وجود فيض محصل لا توجد مفاعلة Inductance ولكن توجد مقارعة مادية فقط نتيجة مادية الحساس المستوعب هذه ملفات المفاعل Reactor، وتكون قيمتها صغيرة ينتج عنها هبوط صغير في الجهد No togedrop.

3- المفتاح المفرغ Vacuum Switch

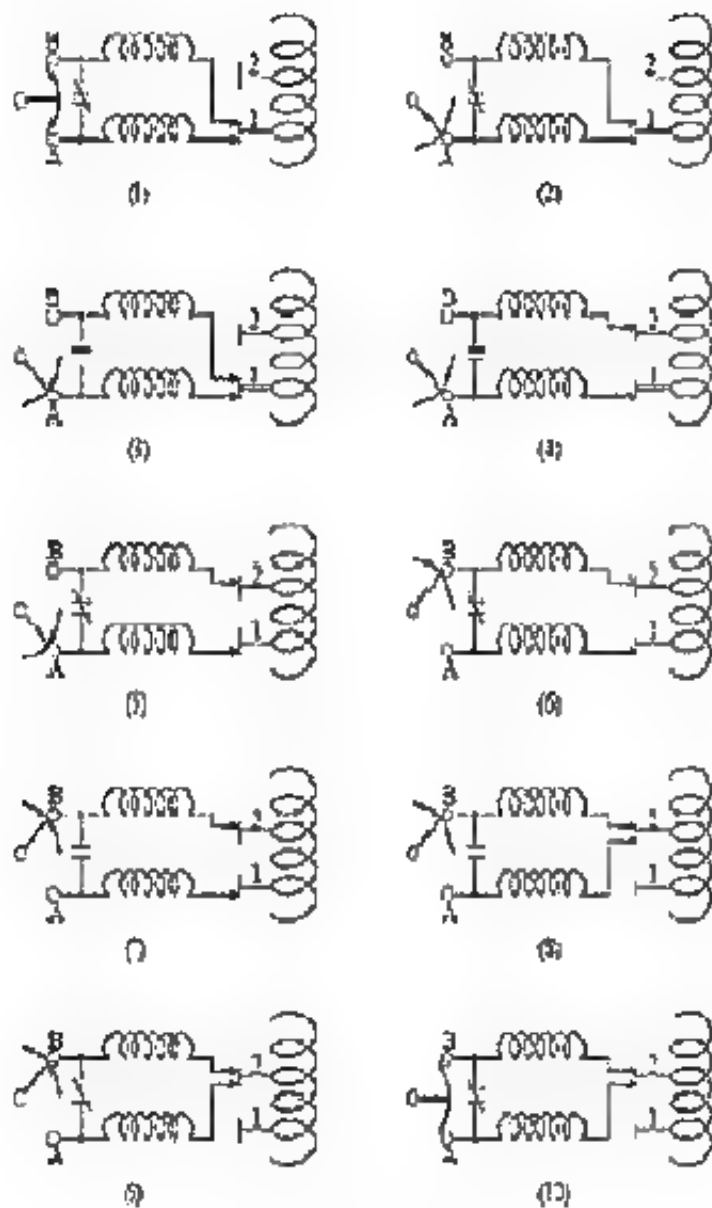
في عبدة عن مفتاح Circuit Breaker يقوم بفصل وتوصيل لتيار أثناء عملية تغيير وضع منير الجهد.

4- مفتاح التخطي Bypass Switch

هذا المفتاح يعمل أثناء تسلسل عملية تغيير وضع منير الجهد وهو أولاً بالتوصيل قبل الفصل Make before Brake



الشكل (29)



الشكل (30)

1- الشكل رقم 1 يمثل الوضع الطبيعي لغير الجهد سيكون :

- مفتاح الاختيار Selector Switch عند الوضع رقم 1 لغير الجهد.

- مفتاح الفاكيروم Vacuum Switch يكون مغلقا

- مفتاح الخطي bypass Switch يقفل التلمتين A + B معا

2- الشكل رقم 2 يوضح الآتي :

- مفتاح الاختيار Selector Switch عند الوضع رقم 1 لغير الجهد.

- مفتاح الفاكيروم Vacuum Switch يكون مغلقا

- مفتاح الخطي يغير وضعه ويلتصق النقطة B ويتصل بالنقطة A.

3- الشكل رقم 3 يوضح الآتي :

- مفتاح الاختيار عند الوضع رقم 1 لغير الجهد.

- مفتاح الخطي يغير وضعه ويفتح النقطة B ويتصل بالنقطة A

- مفتاح الفاكيروم يكون مفتوحا، وبالتالي يمر كل التيار في الفرع السفلي من

مفتاح الاختيار. ولا يمر أي تيار في الفرع العلوي وبالتالي يكون جاهزا

للحركة.

4- الشكل رقم 4 يوضح الآتي :

- يتم تحريك الفرع العلوي لمفتاح الاختيار الذي لا يمر به أي تيار إلى الوضع

2 مع استمرار وضع الفرع السفلي للمفتاح عند الوضع رقم 1 لمعز الجهد

- مفتاح الخطي يستمر متصلا بالنقطة A ومنفصول عن النقطة B

- مفتاح الفاكيروم يكون مفتوحا، وبالتالي يمر كل التيار في الفرع السفلي من

مفتاح الاختيار ولا يمر أي تيار في الفرع العلوي.

5- الشكل رقم 5 يوضح الآتي :

- يكون الفرع العلوي لمفتاح الاختيار متصلا بالنقطة 2 لغير الجهد، ويكون

الفرع السفلي للمفتاح متصلا بالنقطة رقم المنزلة الجهد.

- مفتاح الخطي يستمر متصلا بالنقطة A ومنفصول عن النقطة B.

- يتم غلق مفتاح الفاكيروم وبالتالي يمر نصف التيار في الفرع السفلي من

مفتاح الاختيار ويمر لنصف الآخر للتيار في الفرع العلوي.

6- الشكل رقم 6 يوضح الآتي :

يكون الفرع العلوي المفتاح الاختيار متصلا بالنقطة 2 لمغير الجهد ويكون الفرع السفلي للمفتاح متصلا بالنقطة رقم 1 لمغير الجهد.
- يتم تغير وضع مفتاح التخطي ليصبح متصلا بالنقطة B ومفصولا عن النقطة A

- يستمر غلق مفتاح الفاكيوم، وبالتالي يمر نصف التيار في الفرع السفلي من مفتاح الاختيار و يمر النصف الآخر للتيار في الفرع العلوي.
7- الشكل رقم 7 يوضح الآتي :

- يكون الفرع العلوي المفتاح الاختيار متصلا بالنقطة 2 لمغير الجهد ويكون الفرع السفلي للمفتاح متصلا بالنقطة رقم 1 لمغير الجهد.
- يتم تغير وضع مفتاح التخطي ليصبح متصلا بالنقطة C ومفصولا عن النقطة A

يتم فتح مفتاح الفاكيوم. وبالتالي يمر كل التيار في الفرع العلوي من مفتاح الاختيار.

8- الشكل رقم 8 يوضح الآتي :

- يستمر وضع مفتاح التخطي متصلا بالنقطة B ومفصولا عن النقطة A
يستمر فتح مفتاح الفاكيوم، وبالتالي يمر كل التيار في الفرع العلوي من مفتاح الاختيار.

- يتم تحريك الفرع السفلي مفتاح الاختيار الذي يمر به تيار ليقتصر بالنقطة 2 لمغير الجهد وبالتالي يكون الفرع السفلي و الفرع العلوي للمفتاح متصلا بالنقطة رقم 2 لمغير الجهد

9- الشكل رقم 9 يوضح الآتي :

- يستمر وضع مفتاح التخطي متصلا بالنقطة B ومفصولا عن النقطة A.
- يتم غلق مفتاح الفاكيوم، وبالتالي يمر نصف التيار في الفرع العلوي من مفتاح الاختيار ويمر لنصف الآخر للتيار في الفرع السفلي

- يكون كل من الفرع السفلي والفرع العلوي لمفتاح الاختيار متصلا بالنقطة 2 لمغير الجهد، أي أنه تم تغيير وضع مغير الجهد دون انقطاع للتيار ودون حدوث أي حرارة

10 - الشكل رقم 10 يوضح الآتي :

- يتم تغيير وضع مفتاح التخطي Input Switch ليصبح متصلا بالنقطة A والنقطة A كما في الرضع الطبيعي.

- يستمر علق مفتاح لفاكيوم، وبإتقالي يمر نصف التيار في الفرع العلوي من مفتاح الاختيار ويمر النصف الآخر للتيار في الفرع السفلي.

- يكون كل من الفرع السفلي والفرع العلوي لمفتاح الاختيار متصلا بالنقطة 2 لمغير، أي أنه تم تغيير وضع مغير الجهد دون انقطاع للتيار ودون حدوث أي حرارة

6 - موازل الاختراق Bushings (البوشنج)

يتم توصيل أطراف الملفات الابتدائية الداخلية للمحول بجهد دخول الشبكة الكهربائية Input Voltage وكذلك توصيل أطراف الملفات الثانوية الداخلية للمحول بالأحمال الخارجية Loads عن طريق أطراف التوصيل وهي تسمى عوازل الاختراق Bushings، حيث تقوم بعمل أصراف الملفات عن جسم المحول حتى يتم تربط بين الأطراف الداخلية للمحول (ملف ابتدائي وملف ثانوي) والأطراف الخارجية للشبكة الكهربائية (مصدر الكهرباء - الأحمال) بأمان حتى لا يحدث تلامس أطراف الملفات مع جسم المحول.

وحيث أن الجهد يؤثر على العزل، فإنه يتم توصيل Bushing حسب قيمة جهد المحول وليس حسب قدرة المحول. فالعزل في الجانب الأعلى جهداً يكون أكبر بكثير من الجانب الأقل جهداً، لذلك يمكن التمييز بمجرد النظر بين الجانب الأعلى جهداً والجانب الأقل جهداً في المحول عن طريق حجم الـ Bushing الموجود في كل جانب وجسم عوازل الاختراق الخارجي مصنوع غالباً من السيراميك ويتميز بالتعاريب الموجودة عليه كما في الشكل (33)، وهذه التعاريب تعرف

بالـ Skirts والهدف منها هو جعل المسافة التي يقطعها التيار المقعرب Leakage Current خلال سطح العازل أطول ما يمكن، وبالتالي تصبح المقاومة السطحية للتيار Surface Resistance أكبر ما يمكن لتقليل هذه التيارات المتسربة.



الشكل (3)

ويتم استخدام جوانات حتى لا يتم تسريب الزيت من الخزان الرئيسي لمحول عن طريق الـ Bushing. وهذه الجوانات تصنف حسب قدرة المحول وجهود المصدر.

وهناك حروف وأرقام للإشارة إلى أعراف المحولات منها .

1- H1 ، H2 ، H3 لأطراف الجهد العالي ، X1 ، X2 ، X3 لأطراف الجهد المنخفض.

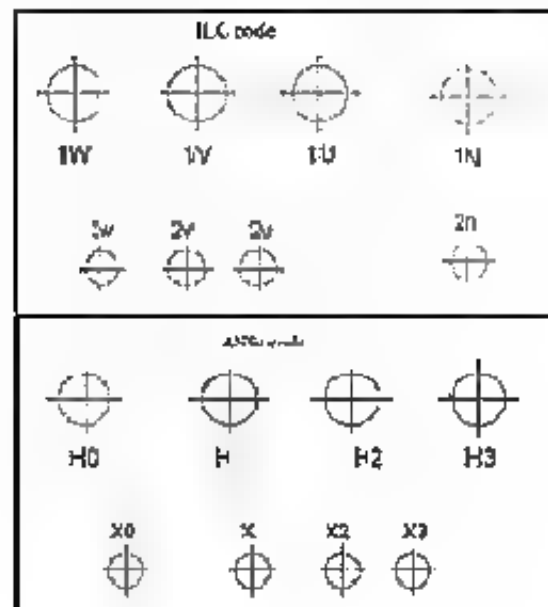
وذلك في المواصفة العالمية IEC.

3- 1W، 1V، 1U لأطراف الجهد العالي 2W، 2V، 2U لأطراف الجهد المنخفض.

وذلك في المواصفة العالمية IEC

وهذه النظر إلى المحول من أعلى يظهر ترتيب الأطراف كالآتي :

في المواصفة IEC يكون طرف التعادل على اليمين في جهتي العالي والمنخفض أما في المواصفة ANSI يكون طرف التعادل على اليمين في جهتي العالي والمنخفض.



الشكل (32)

7- الفلتحة الشرارية Red Gap

في حالة المحولات التي تستخدم خارج المياني On Door، فإن الجهود العابرة الزائدة Transient Voltage قد تسبب مشاكل كبيرة للعوازل المستخدمة في هذه المحولات، فعند زيادة الجهد عن قيمة معينة يحدث تفريغ Flash over حول العازل.

ثم يحدث انهيار وتلف للعوازل كما في الشكل التالي أو أي مهمات في المحول.



الشكل (33)

ففي الشكل على الشمال يوضح حدوث تعريض على لعازل مما يتسبب في حدوث شرخ وعيوب العازل كما في الشكل على اليمين ، لذلك توجد العوازل (البوشنج) بالفجوة الشرارية air Gap وذلك لحمايتها من الجهود العالية العابرة حيث تتكون من طرفين أحدهما منصّب بالجهود العالي والآخر قوسي فتصل بضم المحول المتصل بالأرض، فعند زيادة الجهد نتيجة البرق أو الصواعق ينهار عزل الهواء في هذه الفجوة، ويصبح موصلاً، ويتم تسريب الشحنات الزائدة إلى الأرض عن طريق حسم المحول الموزن كما بالشكل (34).

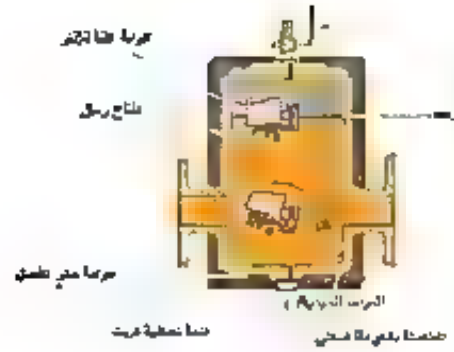


الشكل (34)

هو جهاز منفصل عن جسم المحول، وهو عبارة عن وعاء معدني متصل بأنبوب
 طرفه الخزائ الاحتياطي وأتربب آخر بالمحول، كما بالشكل (٣٥)، ويستخدم
 دائما في المحولات المزودة بخزان احتياطي، ويتم تركيبه في مسار الزيت من
 المحول إلى الخزائ الإضافي ويوجد به عوامتين غياوة 8 سفلي تطوفان على
 سطح الزيت عندما يكون الوعاء ممتلئ بالزيت. انظر الشكل (36). وكل عوامة
 تتحرك حول محور وتتحكم في ثقل تلامس زئبقية، وتكون نقاط التلامس
 مفتوحة طالما كانت العوامة طافية، والعوامة الأولى موجودة في قمة الوعاء
 والأخرى بالقرب من قاع الوعاء. وتعمل العوامة الأولى على توصيل دائرة إنذار
 بينما تعمل العوامة الثانية على توصيل دائرة فصل للمحول، وكذلك توجد
 وشة متصلة بالعوامة السفلى والجهاز به سهم يكون اتجاهه دائما ناحية
 الخزائ الاحتياطي (يراعى هذه الملاحظة عند تركيب الجهاز على المحول).
 فأغلب الأعطال داخل المحولات المعزولة بالزيت ينفع عنها غازات، فيكون
 جهاز البونيهام مسودا بالزيت. بعينه عند حدوث عمل داخلي في الغازات.
 النتيجة تتجمع داخل الجهاز مما يؤدي إلى انخفاض مستوى الزيت داخله.



الشكل (35)



الشكل (35)

العائمة علقية (A)

ففي حالة التشغيل للعادي (عدم حدوث أي أعطال) على كمية الغازات المتصاعدة من تحلل زيت المحرل تكون قليلة جداً وبذلك يستمر المحرل بالعمل وعندما تتكون كميات كبيرة من الغازات في المحرل نتيجة تحلل بريت أو تحلل مكونات السورل (ورق أو عرّون أو خشب أو ...)

فلن هذه الغازات لختها تبدأ بالنصاع و تتجمع تلك الغازات في الخزان الرئيسي وعندما يمتلئ الخزان تبدأ تلك الغازات في الوصول إلى وعاء البوخيلز ويلاي تدريجياً مع الزمن وتنتجع في الجزء العلوي من الجهاز وتضغط هذه الغازات على الزيت وتجعله يهرب إلى التانك الاحتياطي وعندما يفرغ الجزء العلوي من الجهاز من الزيت فلن العائمة العلوية تسقط بوزنها مسببة تلاصق النقطتين 1 و 2 لتعطى نذاراً.

وكذلك إذا حدث تسرب بسيط للزيت فلن الجزء العلوي من البوخيلز يفرغ أيضاً حزيب إلى علق النقطتين 1 و 2 ليعطى نفس الإنذار

وعندما يعمل الجهاز ويعطى إنذاراً في الحالات التالية:

- عند تكون بقعة ساحة داخل المحرل نتيجة بوجود قصر بين شرائح القلب الحديدي.
- عند انهيار عزل المسامير التي تثبت القلب الحديدي.

٣- عند فتح أي من نقاط الالتصاق للموصلات.

١- زيادة التحميل للمحول.

٣- عند انخفاض مستوى الزيت لوجود تسريب.

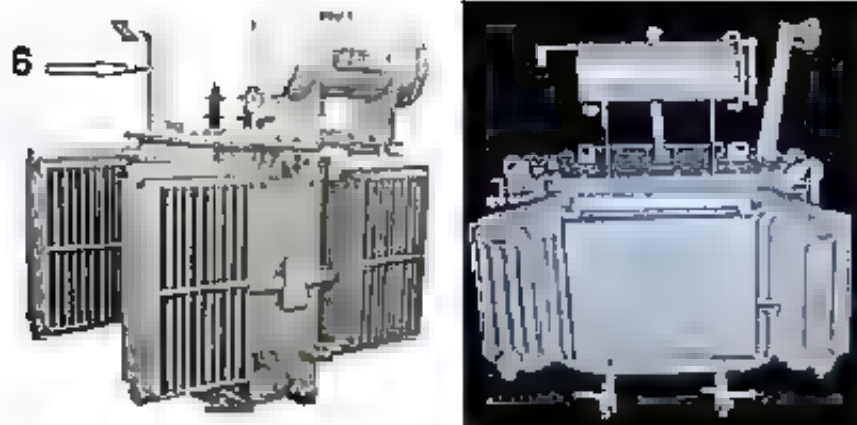
العوامة السفلي (D).

وإذا حدث تسريب كبير للزيت فإن العوامة السفلي تسقط بفعل الجاذبية وتعمل على غلق العلامس 3 و 4 لتعطي فصلا للمحول.

وكذلك عند حدوث خطأ داخلي في لمحول Short Circuit فسوف يسبب تلك الزيادة درجة حرارة الزيت فيتحلل الزيت وتخرج الغازات وتدمع الزيت أمامها في موجات عديدة متتالية ويسحب إلى أعلى حيث يصطدم بالريشة المتصلة بالعوامة السفلي وتعمل على غلق العلامس 3 و 4 لتعطي فصل للمحول.

9 أنبوب الانفجارات Pressure relief vent or Explosion vent

عند حدوث قصر داخلي في المنفات تزيد درجة الحرارة وبالتالي يتمدد الزيت وتكون غازات بصوره كثيفة وينسحب ذلك في رنامه الضغط داخل المحول لدرجة تدفعه إلى حدوث انفجار، لذلك يوضع جهاز تخفيف ضغطه والجهاز عبارة عن أنبوب (رقم 6 في الشكل 37) ثقلة فتحتها بواسطة شريحه زجاجيه (عشاء) أو قوس سهل الكسر عند قيم معينة من الضغط يركب على فتحة أعلى المحول فإذا الضغط يمرق بعشاء وينكسر ويخرج الغازات والزيوت الزائدة إلى الجو الخارجي وبالتالي يتم حماية الخزائن الرئيسية من الانفجار ومن عيوب ذلك العطل أنه عند ما يفتح يظل مفتوحاً ويعرض زيت المحول للهواء والرطوبة.



الشكل (37)

10 - صاف تفرسي الضغط Pressure Relief Valve

وهو جهاز يقوم بنفس وظيفة أنبوب الانفلات، ولكن يختلف عنها في التركيب وطريقة العمل، اسطر الشكل (38)، فهي عبارة عن

1- لحملاء يقوم بالضغط على سريشة Spring

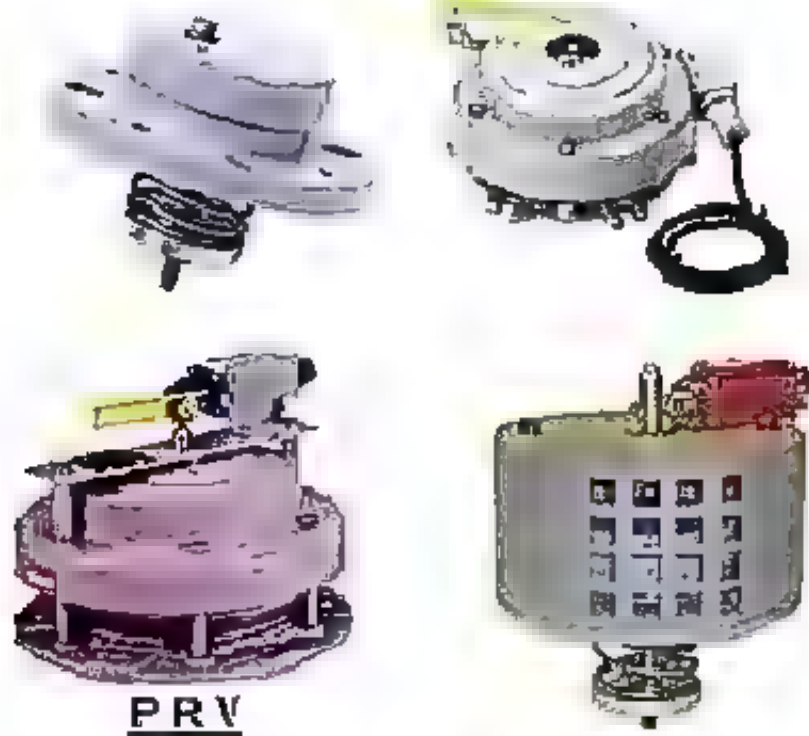
2- تقوم السريشة بالضغط على قرص Disc

3- يعمل القرص على إغلاق فتحة في أعلى المحول بضغط معين.

4- عند زيادة ضغط الزيت داخل المحول عن ضغط التشغيل فإن قوة ضغط الزيت تتغلب على قوة ضغط السريشة وبالتالي يتم تحريك القرص إلى أعلى فتتم تصريف الزيت والغازات المتكونة.

5- عندما يقل ضغط الزيت داخل المحول فإن قوة ضغط السريشة تتغلب على قوة ضغط الزيت وبالتالي تقوم السريشة بالضغط على القرص ويسمى ثقل الفتحة بإحكام.

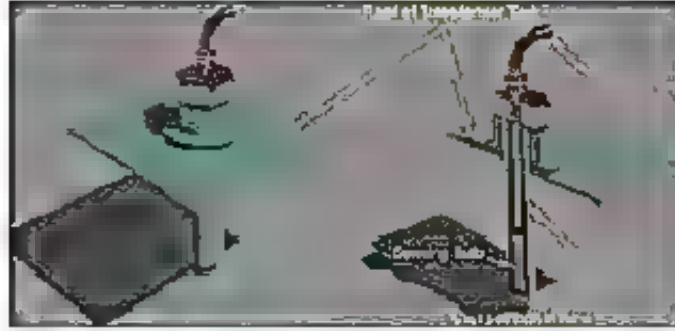
أي أنه عند زيادة الضغط داخل المحول يفتح ويقوم بتصريف الزيت والغازات المتكونة وإذ انخفض الضغط قلل ثاقبه ويثاق يمدح نقرص لزيت للثاق والرطوبة.



الشكل (38)

18- مؤشر قياس درجة حرارة الزيت

نتيجة لتناقص الكثافة مع ارتفاع درجة حرارة الزيت يحدث تغيرات الحجم فإن الجزء العلوي الأوسط من أسفل سطح المحول من الداخل يكون أعلى درجة حرارة من أي جزء آخر ملامس لتأنيك المحول لذلك يمكن تركيب جهاز ترموستات أسفل سطح المحول ليعطي قراءة درجة حرارة الزيت مباشرة. حيث توضع رأس الاستشعار داخل حيز أو حزام محيط ببيت المحول فيعمد السائل داخل الأنبوب الشعري ويتحول هذا التمدد إلى حركة تجعل محوراً خاصاً يتحرك ليعطي قراءة تدل على درجة حرارة الزيت مباشرة.



الشكل (36)

ويوجد أنواع كثيرة من عداد قياس درجة حرارة الزيت، انظر الشكل (36)، منها :

١- عداد به مؤشر واحد يبين درجة حرارة الزيت.

2- عداد به عداد 2 مؤشر.

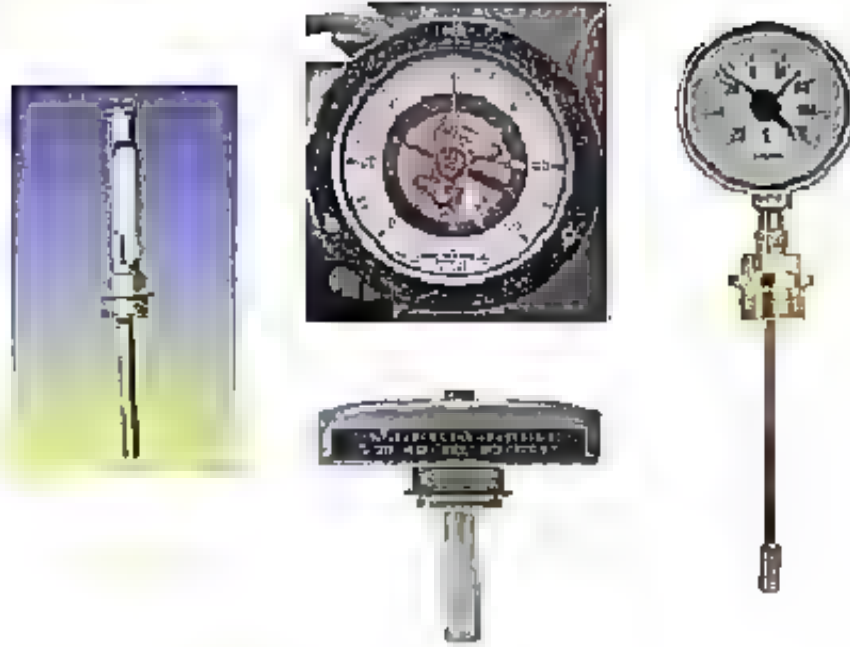
أ- المؤشر الأول يكون لونه أسود وهو يبين درجة حرارة الزيت قبل قطع المؤشر

عند زيادة درجة الحرارة، ويسخن مع نقصان درجة الحرارة

ب- والثاني يكون لونه أحمر وهو يبين أقصى درجة حرارة وهو يرتفع مع

ارتفاع درجة حرارة الزيت ولكن لا ينخفض مع نقصان درجة حرارة الزيت،

وبالتالي فهو يبين أقصى درجة حرارة وصل لها المحرك.



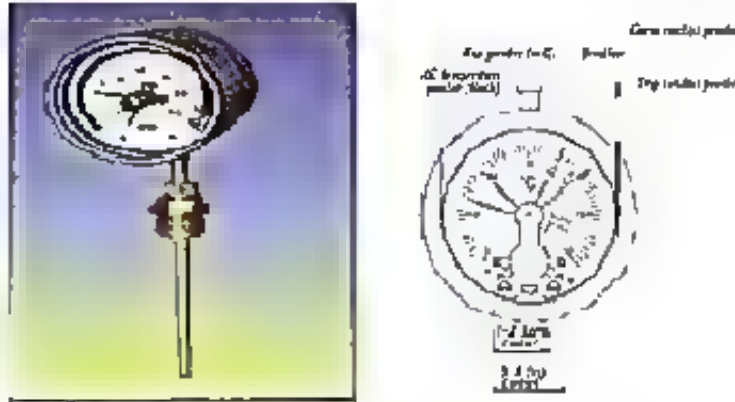
المكّن (40)

فمثلا في البداية يكون المؤشر الأسود عند درجة حرارة الزيت الفطية مثلا (40 درجة مئوية) وللمؤشر الأسود يكون عند أي درجة حرارة مثلا (50 درجة مئوية)، فإذا زادت درجة حرارة الزيت ووصلت إلى (80 درجة مئوية) فإن المؤشر الأسود سوف يرتفع ويرقع معه المؤشر الأحمر إلى نفس درجة الحرارة (60 درجة مئوية) وعند انخفاض درجة الحرارة نتيجة لظروف التشغيل فإن المؤشر الأسود ينخفض وتثبت المؤشر الأحمر في مكانه ولا يتزل ليوضح أن أقصى درجة حرارة وصل لها المحول هي (80 درجة مئوية).

ت- عدد ١٦ أربع مؤشرات بالشكل (١١)،

- المؤشر الأول يكون لونه أسود وهو يوضح درجة حرارة الزيت فيرتفع المؤشر عند زيادة درجة الحرارة وينخفض عند نقص درجة الحرارة.
- المؤشر الثاني يكون لونه أحمر وهو يوضح أقصى درجة حرارة وهو

- يوتغم مع ارتفاع درجة حرارة الزيت ولكن لا يتخفص مع نقص درجة حرارة الزيت، وبالتالي فهو يوضح أقصى درجة حرارة وصل بها المحول، المؤشر الثالث يقوم بتحريك مفتاح زيتي يعطي إنذارا عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى قيمة معينة تختلف من محول إلى آخر حسب ظروف تشغيل كل محول ولكن 85 درجة مئوية.
- المؤشر الرابع يقوم بتحريك مفتاح زيتي يفصل المحول عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى 95 درجة مئوية (أعلى من درجة حرارة الإنذار بحوالي 10 درجات)



الشكل (41)

ث- عدد به ستة مؤشرات:

- 1- المؤشر الأول يكون لونه أسود وهو يوضح درجة حرارة الزيت
- 2- المؤشر الثاني يكون لونه أحمر وهو يوضح أقصى درجة حرارة وصل لها المحول.
- 3- المؤشر الخامس يقوم بتحريك مفتاح زيتي لتشغيل المرحلة الأولى من صراوح الثريد عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى قيمة معينة تختلف من محول إلى آخر حسب ظروف تشغيل كل محول ولكن 60 درجة مئوية.

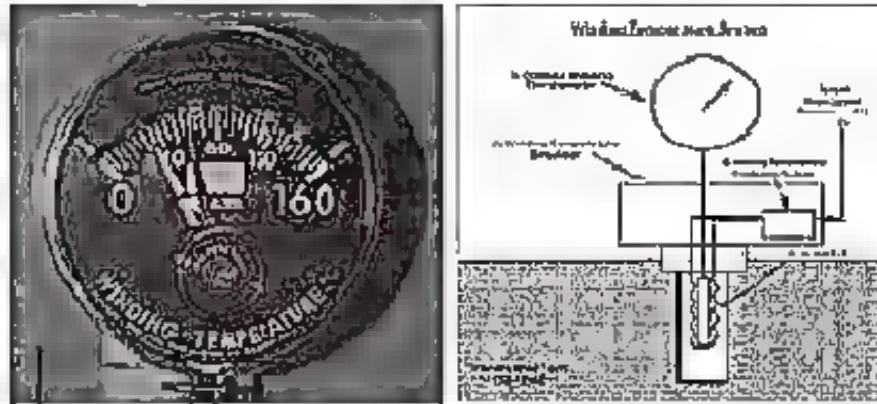
- 4- المؤثر السادس يقوم بتحريك مفتاح زئبقي لتشغيل المرحلة الثانية من مراحج التبريد عندما تصل درجة الحرارة إلى 70 درجة مئوية (أعلى من درجة حرارة تشغيل المرحلة الأولى بحوالي 10 درجات).
- 5- المؤثر الثالث يقوم بتحريك مفتاح زئبقي يعطي إشارا عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى قيمة معينة ولنكن 85 درجة مئوية
- 6- المؤثر الرابع يقوم بتحريك مفتاح زئبقي يفصل المحول عندما تنص درجة حرارة الزيت إلى 95 درجة مئوية
- 12- مؤشر قياس درجة حرارة للمفات

تعتبر الملقات والقلب الحديدي معا كمحرك حراري Heat generator توفد طاقته الناتجة أو تخلص قبحا الزيادة الأحمال أو نقصهم، وإذا زاد معدل تولد الحرارة عن معدل تسريبها فإن سرعة حرارة الملقات والزيت وجميع المواد العازلة سوف تظل في ارتفاع مستمر الأمر الذي يؤدي إلى احتراق المواد العازلة أو قحوصها كما أن درجة الحرارة العالية قد تحلل الزيت أو تسبب تخمر للتوصلات النحاسية بالإضافة إلى أن مقدار مقاومة العزل للزيت والملفات تتناقص مع ارتفاع درجة الحرارة

و نظرا لاختلاف طبيعة الزيت عن النحاس في الاستجابة للمؤثرات الحرارية، حيث يتأثر الزيت ببطء أي يسخن ببطء ويبود ببطء بينما يتأثر النحاس سريعا بتغير درجة الحرارة، فلا يستدل بدقة عن الحالة الحرارية لأحدهما عن طريق الآخر لذلك يتم استخدام جهاز خاص بقياس درجة حرارة الملفات فهو مثل اجهز السابق إلا أن الانتفاخ يتأثر بدرجة حرارة الزيت بالإضافة إلى الحرارة الناتجة من ملف تسخين Heating-coil ملف حول الجيب أو لجراب Box-let الذي يصنع فيه رأس الاسمشمار Bell ويتم معذية هذا الملف عن طريق ملف ثابوي لتحويل تيار Current transformer يتم تركيبه على أحد فارات المحول وبالتالي فإن لقبار اندي يمر بملف التسخين يتناسب مباشرة مع التيار الذي يمر بملفات

المحول، وبذلك تكون الحرارة المؤثرة ليست حرارة الزيت وحدها وإنما حرارة الزيت والمعدات.

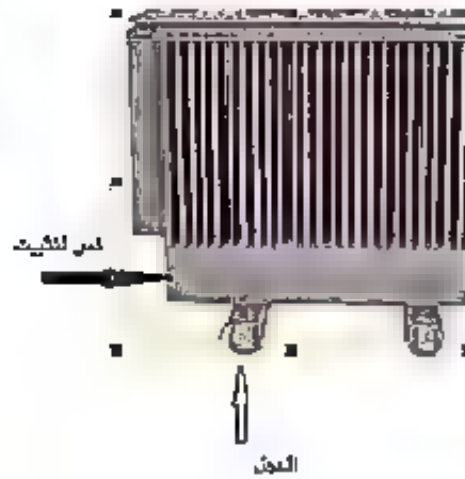
فالشكل التالي يوضح أن رأس الاستشعار توضع داخل جيب (جراب) مملأ بيزيت المحول ويلف حولها ملف التسخين heater coil، وهذا الملف يأخذ تياره من محول تيار Current transformer مركب على أحد أوجه المحول ما في النظام معايرة درجة حرارة المعدات Winding temperature calibration System، وبالتالي فإن رأس الاستشعار سوف تتأثر بدرجة حرارة كل من الزيت والمعدات في نفس الوقت مما يؤدي إلى زيادة في حركة المؤشر مطبياً زيادة في ارتفاع درجة حرارة المعدات ويمكن ملاحظة أن جهاز قياس درجة حرارة المعدات أعلى في حدود 5 درجات مئوية من جهاز قياس درجة حرارة الزيت.



الشكل (47)

13- قاعدة تثبيت المحول والعجلات Skid base and bidirectional rollers

يتم تثبيت التانك الرئيسي وباقي مكونات المحول على كمر حرف U ويتم تثبيت أربعة عجلات لسهولة تحريك المحول.



الشكل (43)

14- وسادة الرفع Lifting lugs and lifting pads

ويتم لحام خلاصيف في الجزء العلوي من الخزائن رزمة من خلالها عند الحاجة.

15- بلف صينة الزيت Oil sampling valve

مربلف يوضع في أسفل المحول يساعد على أخذ عينات الزيت.

16- صندوق التوصيل Terminal end box

وهو من الممكن أن يكون صندوق واحد به أطراف الجهد العالي، وأطراف الجهد المنخفض، ويمكن أن يكون لكل ناحية صندوق منفصل، ويكون محكم الغلي وموئنا ضد تلامس الأجزاء الحية Live parts ومؤمن بضاً ضد دخول الماء والأتربة.



الشكل (44)

17- جهاز (DGFT) Detection Gas Pressure Temperature

هذا الجهاز يتم إستخدامه في المحولات العالقة والتي لا تحتوي على غاز احتياطي وهو يتجه بمساية السور من الآتي :

— زيادة ضغط الزيت Oil pressure فيتم ضبط قيمة لضغط عند قيمة معينة وعندما يزيد ضغط الزيت عن هذه القيمة يتم تغيير وضع نقطة مساعدة يتم إستخدامها في دائرة التحكم لتشغيل إنذار أو فصل المحول

— درجة حرارة الزيت Oil temperature عندما تزيد درجة حرارة الزيت إلى قيمة معينة يتم تغيير وضع نقطة مساعدة لتشغيل إنذار وعندما تستمر الزيادة في درجة الحرارة إلى قيمة أعلى يتم تغيير نقطة مساعدة أخرى لفصل المحول — مستوي الزيت Oil level فعندما يقل مستوى زيت تنزل العوامة إلى الوضع Min ويتم تغيير وضع نقطة مساعدة يتم إستخدامها في دائرة التحكم لتشغيل إنذار أو فصل المحول

— الغازات المجمعة Gas detection فعندما تتجمع الغازات تضغط على العوامة إلى الوضع Min ويتم تغيير وضع نقطة مساعدة يتم إستخدامها في دائرة التحكم لتشغيل إنذار أو فصل المحول



الشكل (45)

الباب الثاني

أنواع المحولات

الفصل الأول

تصنيف المحولات

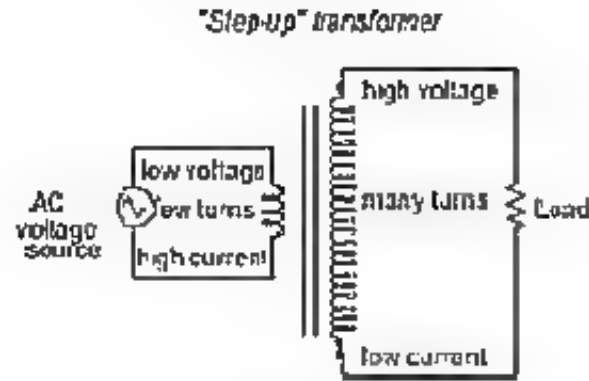
يمكن تصنيف المحولات كالآتي :-

- 1- من حيث الوظيفة (محول رفع Step Up - محول خفض Step Down).
- 2- من حيث النوع (محول قدرة Power Transformer - محول توزيع Distribution Transformer).
- 3- من حيث عدد الأوجه (محول وجه واحد Single Phase - محول ثلاثة أوجه Three Phase).
- 4- من حيث نوع القلب الحديدي (Core type - Shell type).
- 5- من حيث تقسيم الملفات (نجمه Star أو دلتا Delta).
- 6- من حيث التبريد (محول زيتي Oil Type - محول جف Dry Type).
- 7- محولات القياس (محولات الجهد Voltage Transformer - محولات التيار Current Transformer).
- 8- محولات خاصة

أولاً : المحولات من حيث الوظيفة

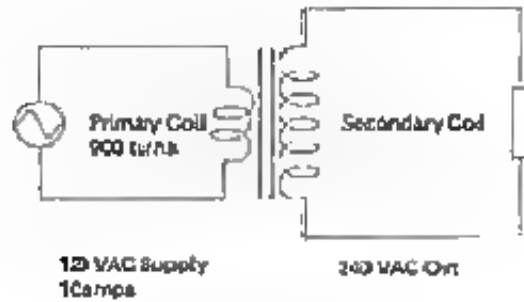
● محول رافع Step Up Transformer

هو محول يقوم برفع الجهد ويخفض التيار وتكرر القدرة ثابتة، ويكون فيه عدد لقت الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي ويوصل الجهد المنخفض (جهد المصدر) على الملف الابتدائي ويكون جهد الخروج متصلاً على الملف الثانوي وغالباً ما يستخدم هذا النوع في محطات التوليد، فمثلاً في محطة السد العالي يكون جهد التوليد 20 كلفولت، لذلك يتم استخدام محولات الرفع لرفع الجهد حتى 500 كيلوفولت وهو جهد الشبكة لموحدة.



الشكل (١٥)

فمثلاً إذا كان لدينا محول رافع وكان جهده بمصدر 120 فولت (٢٠ ٧) وعدد لفات الملف الابتدائي 900 لفة (turns 900) وكان التيار المسحوب من المحول هو 10 أمبير (10A)، ونطوِّب رافع الجهد إلى 240 فولت (240V)



الشكل (١٦)

هنا سنطبق العلاقة التالية الخاصة بالمحولات :

$$I_1 / I_2 = N_2 / N_1 \quad N_2 = 120 / 240 = 900 / N_2$$

نجد أنه لابد أن يكون عدد لفات الملف الثانوي N_2 هو 1800 لفة لكي يتم الحصول على الجهد المطلوب وهو 240 فولت

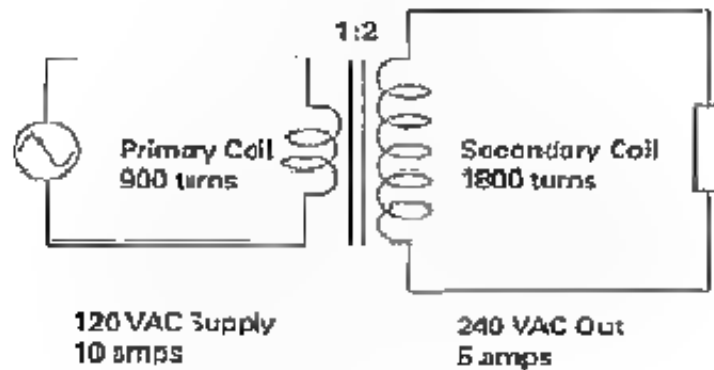
هناك معرّس آخر سرف يتغير في المحو وهو القيار ، فحيث ن المحول لا يغير من قدرة الدائرة أي أن القدرة في الملف الابتدائي تساوي القدرة في الملف الثانوي فإذا تم رفع الجهد فإن التيار سوف ينخفض فإذا كان التيار في الملف الابتدائي 10 أمبير فعن طريق تطبيق العلاقة التالية الخاصة بالمحولات

$$E1 / E2 = N1 / N2 = I1 / I2$$

نجد أن التيار في الملف الثانوي سرف يصبح 5 أمبير

مما سبق نستنتج أنه لابد أن يكون مساحة مقطع الملف CrossSection area في الملف الابتدائي تكون أكبر من مساحة مقطع الملف في الملف الثانوي وذلك لأن التيار في الملف الابتدائي أكبر من التيار في الملف الثانوي، كما يستنتج أنه لابد أن تكون كمية العزل Insulation في الملف الثانوي أكبر من كمية العزل في الملف الابتدائي وذلك لأن الجهد في الملف الثانوي أكبر من الجهد في الملف الابتدائي، وهذا ما توضحه القاعدة التالية

الجهد يكون تأثيره على العزل والتيار يكون تأثيره على الموصل

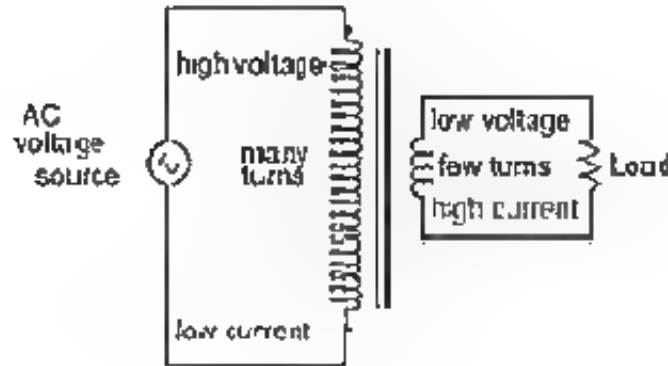


الشكل (48)

2- محول خافض Step Down Transformer

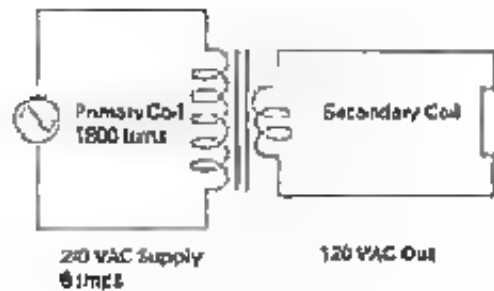
هو محول يقوم بخفض الجهد ووسع اتيار ويكون فيه عدد بقات الملف الابتدائي اكبر من عدد بقات الملف الثانوي، ويوصل الجهد العالي (جهد المصدر) على الملف الابتدائي ويكون جهد الخرج (الجهد المنخفض) على الملف الثانوي وغالباً ما يستخدم هذا النوع في محطات التوزيع حيث يتم خفض الجهد.

"Step-down" transformer



الشكل (49)

فمثلاً إذا كان لدينا محول خافض وكان جهد المصدر 240 فولت وعدد لفات الملف الابتدائي 1800 لفة وكان التيار المسحوب من المحول هو 4 أمبير، ومطلوب خفض الجهد إلى 120 فولت .



الشكل (50)

قفي الشكل (50) نجد أن جهد المصدر 240 فولت وعدد لفات الملف الابتدائي هو 1800 لفة ، فإذا كان المطلوب هو خفض الجهد من 240 فولت إلى 120 فولت فمن طريق تطبيق العلاقة التالية الخاصة بالمحولات :

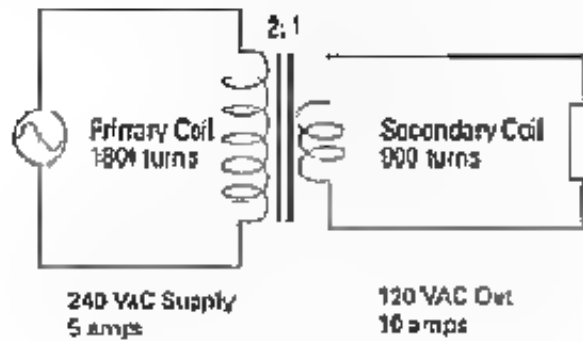
$$E1 / E2 = N1 / N2 = 240 / 120 = 1800 / N2$$

نجد أنه لا بد أن يكون عدد لفات الملف الثانوي $N2$ هو 900 لفة لكي يتم الحصول على الجهد المطلوب وهو 120 فولت .

وإذا تم خفض الجهد فإن التيار سوف يرتفع فإذا كان التيار في الملف الابتدائي 5 أمبير فإن تطبيق العلاقة التالية الخاصة بالمحولات :

$$E1 / E2 = N1 / N2 = I2 / I1$$

نجد أن التيار في الملف الثانوي سوف يصبح 10 أمبير .



الشكل (51)

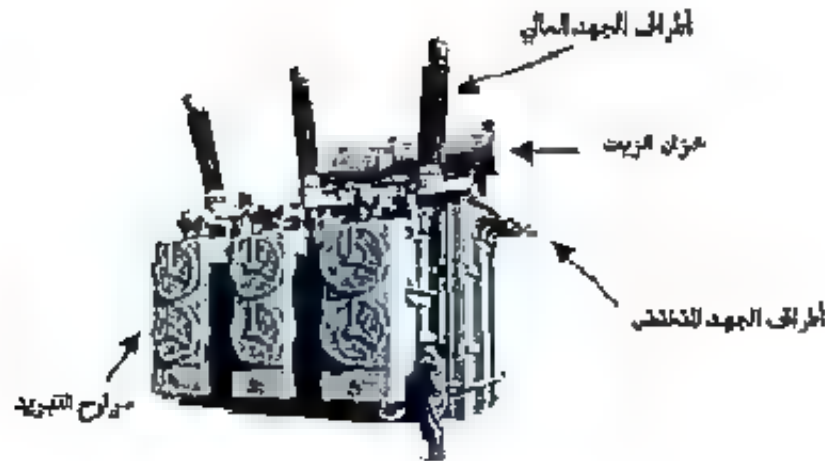
ثانياً : المحولات من حيث النوع

1- محولات القدرة Power Transformers

هي المحولات التي تكون في محطات التوليد ومحطات النقل (غالباً تكون محولات رفع) حيث يتم رفع جهد التوليد إلى الجهد المطلوب للنقل وتكون لها

المواصفات التالية :

- أ- القدرة غالباً ما تكون أكبر من 1000 كـ.ف. أ
- ب- غالباً ما تكون من النوع المغمر في الزيت.
- ج- معامل التنظيم يكون كبير مقارنة بمحولات التوزيع.
- د- الحمل يكون مستظماً معظم الوقت



الشكل (52)

2- محولات التوزيع (Distribution Transformers)

هي المحولات التي تستخدم لتخفيض الجهد إلى مستوى آمن للاستخدام فهو آخر محول يربط لمستهلك بالشبكة وتكون لها المواصفات التالية .
أ- القدرة غالباً ما تكون أقل من 1000 ك.ب.أ.

ب- تكون محولات جافة أو زيتية.

ج- يمكن أن تكون داخل أكشاك معدنية أو تكون محمولة على الأعمدة

د- الحمل يتغير بصورة كبيرة خلال اليوم الواحد وخلال فصول السنة لذلك يتم استخدام مغير الجهد ومن الممكن أن يعمل بعدة كبيرة بدون حصر لذا يراعى عند التصميم أن تكون مقادير الالاص في محول التوزيع أقل ما يمكن.

هـ- نتيجة لتغير الحمل يتطلب أن يكون معامل التنظيم صغير.

هــا، المحولات من حيث عدد الأوجه

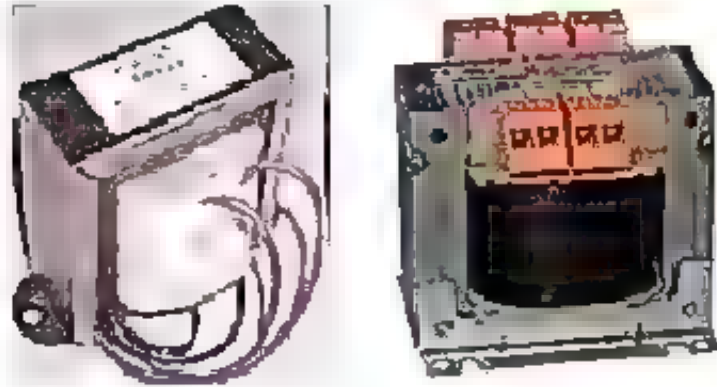
أ- محولات وجه واحد Single Phase

أ- يستخدم في الدوائر أحادية المرحلة Single Phase system .

ب- يتكون من ملف واحد ابتدائي وملف واحد ثانوي وكل ملف له طرفان.

ت- يكون إما محول رافع Step UP أو محول خافض Step Down

ث- غالباً ما يستخدم في الأراض السكنية Residential والتجارية Commercial



الشكل (53)

2- محولات ثلاثية الأوجه Three Phase Transformers

هناك طريقتان لتكوين المحور الثلاثي هما

1- محول ثلاثي الأوجه يتكون من ثلاث ملفات على قلب حديدي واحد (Shell or Core type).

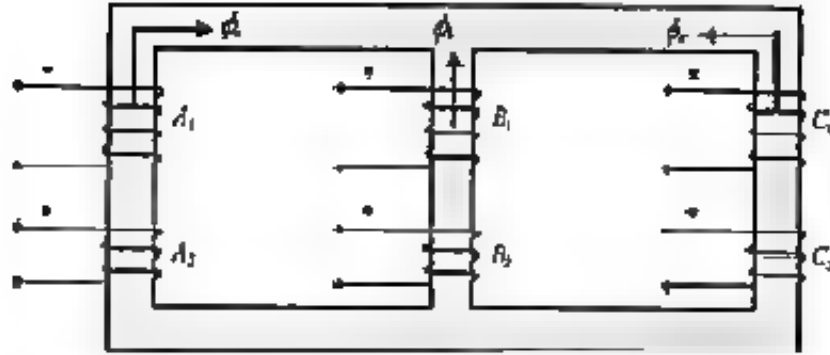
وهو يتميز بالآتي :

أ- وزنه خفيف.

ب- حجمة صغير.

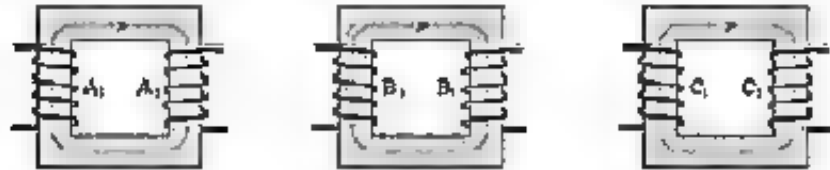
ت- أرخص في السعر.

ث- يتميز بالكفاءة العالية.



الشكل (5-1)

2- محول ثلاثي من ثلاث محولات أحادية Bank of Three Single Phase Transformer



الشكل (5-2)



الشكل (36)

- في هذا النوع يجب أن تكون قدرته كن محول أحادي التوجة لا تقل عن تلك (لزم) قدرة المحول الثلاثي المطلوب.
- وهناك ميزة لهذا النوع هو عدم فقد كل الأحمال عند تلف أحد المحولات، وسهولة استبدال أي محول يتلف.
- أ- يستخدم في الدوائر ثلاثية التوجة والدوائر الأحادية التوجة
- ب- كل دائرة تتكون من ثلاث ملفات، فدائرة الابتدائي تتكون من ثلاث ملفات (صف لكل فاز) ودائرة الثانوي تتكون من ثلاث ملفات.
- ت- يكون إما محول رافع Step UP أو محول خافض Step Down.
- د- يستخدم في شبكات التوزيع ومحطات التحول.
- ج- ممكن أن يكون أحد المحولات على في القدرة عند عدم الاتزان في الأحمال.
- ح- في حالة وجود عيب في أحد المحولات، فإنه يتم استبدال محول واحد فقط، وبالتالي يمكن الحفاظ على بعض أنواع الأحمال. أما في حالة المحول الثلاثي يتم رفع كل المحول للإصلاح أو الاستبدال.

رابعاً : المحولات من حيث نوع القلب الحديدي

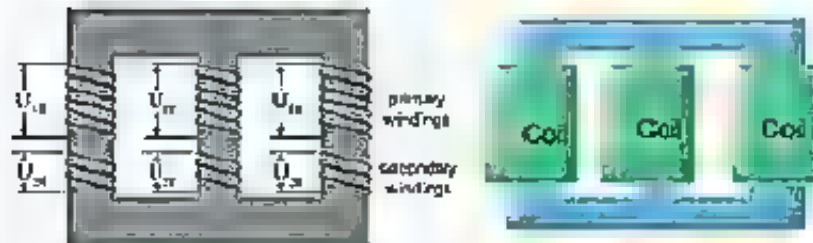
١- محولات ذات قلب حديدي Core Type

أ- محولات ذات قلب حديدي Core Type أحادية الوجه



الشكل (57)

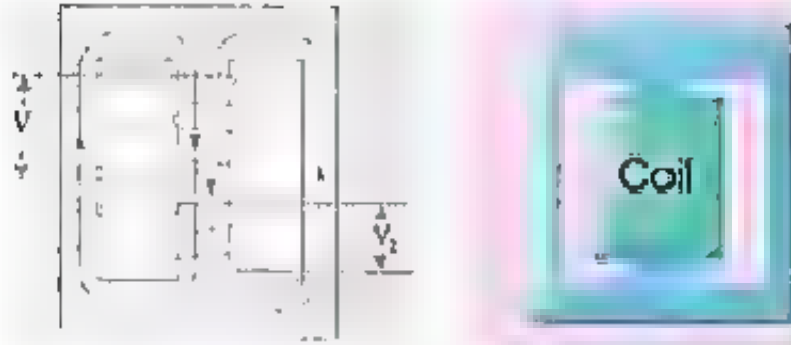
ب- محولات ذات قلب حديدي Core Type ثلاثية الوجه



الشكل (58)

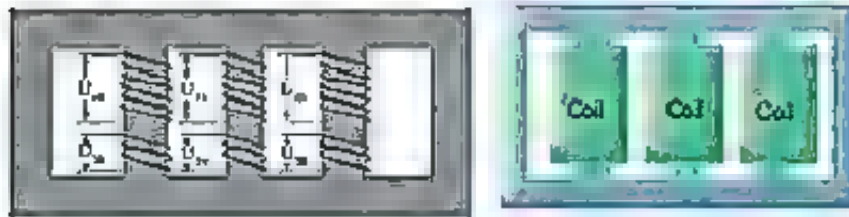
2- محولات ذات قلب حديدي Shell Type

أ- محولات ذات قلب حديدي Shell Type أحادية الوجه



الشكل (59)

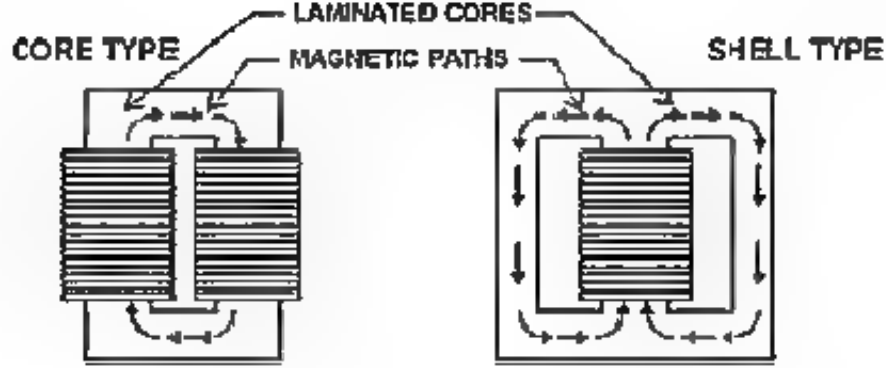
ب- محولات ذات قلب حديدي Shell Type ثلاثية الوجه



الشكل (60)

والنوع الأول Core Type يكثر استخدامه في المحولات ذات القدرات الصغيرة، حيث إن مسار الفيض المغناطيسي يكون من مسار Lmp واحد يربط الملفين الابتدائي والثانوي معاً.

والنوع الثاني Shell Type يتم استخدامه في المحولات التي تزيد قدرتها عن 50 ميجا فولت أمبير، ويكون المسار المغناطيسي في هذه الحالة مكوناً من دائرتين Two loops.



الشكل (51)

توزيع القلب الحديدي

جميع الاجزاء المعدنية في المحول سواء الداخلية أو الخارجية يجب أن يتم تأريضها بشكل مضمون، وكذلك القلب الحديدي يجب تأريضه أيضاً، فعند دخول المحول في الخدمة يقع القلب ويغيره من الأجزاء المعدنية في مجال كهربي شديد يخلق بين اسطوانات التثقيب هذه الأجزاء المعدنية الواقعة في هذا المجال، ولكن تتجنب هذه الظاهرة عبر اعتراب فيها يجب تأريض القلب الحديدي والخزان.

ولما بعض القلب هو أحد منها:

- 1- دائما يكون جهد القلب هو جهد الأرض.
 - 2- تدوير الشحنات لاستاتيكية
 - 3- منع الجهد على القلب من الزيادة.
 - 4- يمكن عمل حماية عند حدوث قصر بين القلب والمفاتيح.
- ويجب التأكيد على أن القلب المعدني موزع عند نقطة واحدة نلوكا مؤرصاصا عند أكثر من نقطة من الممكن أن يمر تيار دوران Circulating current يحمس على زيادة حرارة المحور وكذلك يعمل على زيادة هزات المحور على الرغم

من التفرائع Laminations معزولة عن بعضها البعض للحد من انتشار الدوامي Eddy current إلا أن مقاومة العزل تكون قليلة لتكون كافية لتأريض القلب الحديدي بشكل فعال عند توصيل الأرض مع شريحة واحدة من القلب ودائما يكون التوصيل أعلى المحوى (بين القلب الحديدي وغطاء الخزان الرئيسي).

خامسا، المحولات من حيث تقسيم الملفات

محولات لها أكثر من ملف:

يقتصد بالمحولات التي لها أكثر من ملف هي المحولات التي يكون كل وجه في الاجندائي له ملف وكل وجه في ناحية الشاوي له ملف متصل ويكون التوصيل عليها على شكل نجمة أو دلتا وتوجد توصيلات مختلفة للمحولات ثلاثية الأنوار ومن هذه التوصيلات.

II • توصيل (ستار = ستار) Y = Y Connection

من المعروف أنه في توصيلة ستار Wye Connection أن جهد الخط يساوي $(\sqrt{3})$ جهد الوجه وتيار الخط يساوي تيار الوجه:

$$V_L = \sqrt{3} V_{Ph} \quad I_L = I_{ph}$$

ولكن ماذا يكون في حالة النجمة جهد الخط يساوي $\sqrt{3}$ جهد الوجه؟

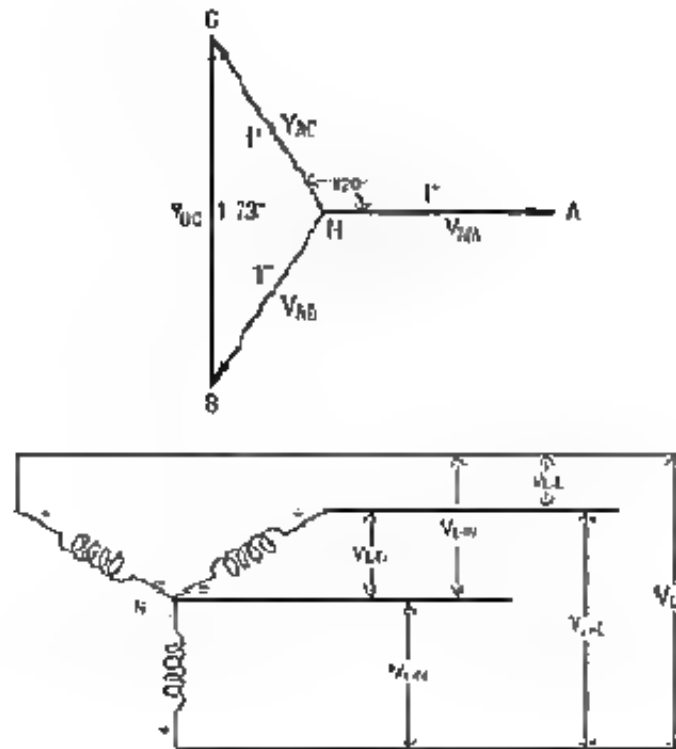
في حالة توصيلة النجمة المثبتين يكون الجهد على كل وجه متساويا في المقدار وتكون الراوية بين كل وجه 120 درجة، ففي الشكل الثاني ملاحظاتي:

1 - جهد الوجه يساوي $V_{AN} \approx V_{NC} \approx V_{BA}$

2 - جهد الخط يساوي V_{BC}

مبدا فرمشتا أن جهد الوجه يساوي واحد بوحده عن طريق حساب المثلثات

تحديد جهد الخط يساوي 1.73 بوصة



الشكل (62)

مما سبق ملاحظ أن جهد الخط يتم تسليطه على ثنائيتين من توصيلة ستاره أما جهد التوجه يتم تسليطه على ذراع واحد، أما تيار الخط وتيار التوجه فكلما يمران في ذراع واحد.

لذلك فإن هذا النوع من التوصيل يستخدم في:

المحولات ذات الجهد العالي : فكما ذكرنا أن جهد التوجه أقل بمقدار $\sqrt{3}$ من جهد الخط فتحتبة لذلك تقل كمية العزل المستخدمة

في المحولات ذات القدرات الصغيرة : ففي هذه المحولات يكون تيار صغير وهما يناسب هذا التحويل حيث إن كمية التيار التي تمر في العزل هي نفس الكمية التي تمر في التوجه.

مميزاته :

1- لا يوجد فرق في الطور بين جهد الملف الابتدائي وجهد الملف والثانوي. أي أن جهد الابتدائي والثانوي يكون In phase وبالتالي لا يوجد Phase displacement وهذه الميزة مفيدة في المحولات التي تستخدم في شبكات الربط ذات الجهود المختلفة، فلو كان لدينا شبكة بها درجات من الجهود المختلفة مثل جهد $500\text{ KV} \& 220\text{ KV} \& 66\text{ KV}$ فمن أسهونة ربط أي جهدين معا بواسطة محول واحد مباشرة 66 KV إلى 220 KV أو من 220 KV إلى 500 KV دون أي تعقيدات فنية أو تصنيعية في المحولات في أي مكان بالشبكة طالما أن جميع المحولات متتابعة وراء بعضها فقط بتغيير نسبة التحريل، فلو كان لدينا محول من نوع آخر (دلتا / ستار مثلا) وبسط هذه المجموعة فإننا نحتاج لضبط الزوية Phase وهذا يعقد الأمور.

2- عند الخسائر وكثافة العزل قليلة لكل درجة، وذلك لأن جهد الوحدة $V_{phase} =$

$57\% V_{line}$ فهي اقتصادية في دوائر الضغط العالي

3- يمكن الحصول مدية على أكثر من قيمة للجهد، فيمكن تغذية أحمل أحادي من مصدر ثلاثي بل يمكن جعله ينشئ محلا واحد أحاديا إذا حدث قصر على أحد الأوجه Phases وذلك بفصل الوجه Phase المعطل من الجهتين وعمل قصر Short على طرفي أحد الوجهين السليمين وبذلك تستفيد من حوالي 60% من قدرة المحول، لا يصح توصيل حمل إحادي بين أحد الأطراف والأرضي إلا إذا كان المحول من النوع Core type لأن النوع الآخر Shell type ستظهر فيه مشكلة عدم تماثل لفيض المغناطيسي Unsymmetrical flux.

عيوبه :

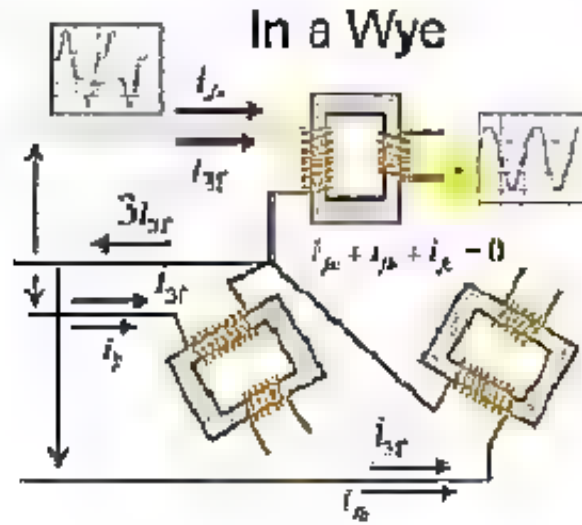
1- عند حدوث تحميل غير متزن على المحول فإن الحمل عند الحمل سيكون غير متزن وتصبح نقطة التبادل غير مستقرة إلا إذا تم توصيل نقطة التبادل (N) الخاصة بالحمل بنقطة التبادل الخاصة بالملف الثانوي.

2- الجهود الميكانيكية أثناء الأعطال تكون عالية جدا بسبب كبر مساحة

مقطع سلك لملفات حيث إن التيار المار في الوجه Phase هو نفسه لتيار
الصار في الخط Line current.

١- التيار الذي يمر في الأرضي يحتوي على التوافقيات من النوع الثالث الذي
يؤثر على التليفونات والأجهزة الإلكترونية القوية

٢- تيار الصنطة يمر في الصف الابتدائي وهذا التيار يحتوي على استوافقيات
من النوع الثالث والخامس التي تشبه شكل اسوجه إلا إذا تم توصيل ثقله
التبادل بنقطة تارضى المولد، كذلك وجود التوافقيات من الدرجة الثالثة
في المحولات غير المؤرضة يتسبب أيضا في حدوث زيادة في الجهد over
voltage عند انخفاض الأحمال.



الشكل (63)

فملاحظ أن الجهد الموجود على كل فرد Phase Voltage في الملف الابتدائي هو
جهد جيبى Sinusoidal Voltage ، وأنه يسحب تيار المثثثة Magnetizing current
المكون من الموجة الأساسية Fundamental wave والتيار التوافقية الثالثة Third
Harmonic في كل فاز على حده ، وعند حساب تيار الخط للموجة الأساسية

Fundamental wave الراجعة خلال طرف الأرضي Neutral نجد أنها تساوي صفرا

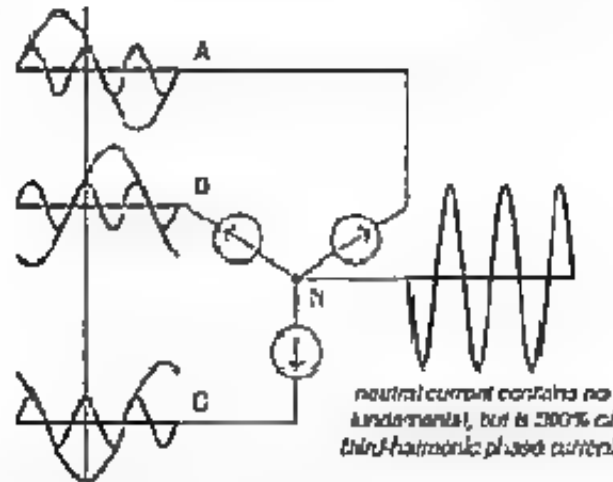
$$Ifa + Ifb + Ifc = 0$$

لأن هذه التيارات متساوية وبينهما زاوية مقدارها 120 درجة وبالتالي فإن المحصور الاتحامي لهم يساوي صفرا ، ولكن حين نجمع تيارات التوافقية الثالثة Third Harmonic نجد أنها تساوي

$$If + If + If = 3If$$

لأنهم متساويين ولهم نفس الرجه Phase ، أي أننا نلاحظ أن توصيلة النجمة Star لا تمنع تيار التوافقية الثالثة من الظهور في تيار الملف الابتدائي لكنها تعطي جهدا على شكل موجة جيبيية Sine wave في الملف الثانوي على كل وجه. وللعلاج نتبع الآتي ،

– يتم توصيل نقطة لشعاعي بالأرضي Solidly ground the neutral ، وخصوصا في الملف الابتدائي ، فإن توافقيات الدرجة الثالثة تمرير بالأرضي.



الشكل (٥/١)

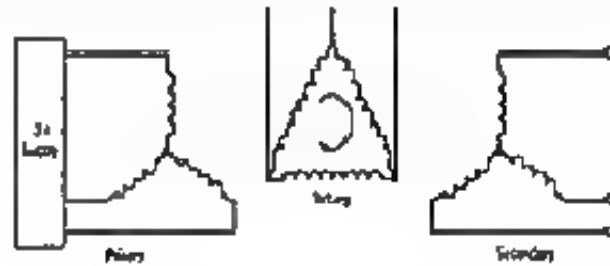
١- استخدام ملف ثالث على شكل ذلك الـ Tertiary Winding في محولات هي ملف ثالث في تحول بالإضافة إلى الملفات الابتدائية والثانوية وجسر

على هيئة دلتا و يستخدم لمروور مركبة التيار الصفرية في حالة عدم اتزان الأحمال على المحول و يستخدم لإنتاج جهد ثالث لمحول و يختلف قيمة القدره على هذا الملف عن الملفين الرئيسيين و في كثير من الأحيان تكون قدرتها ثلث قدرة الملفات الأخرى، و في أحيان أخرى لا يتم استخدام هذا الملف لإساج القدره ولكن لمروور مركبة لتيار الصرية فقط.

و للملف الثالث مميزات منها ،

- 1- يتم مع ظهور التوافقيات من الدرجة الثالثة في كلا الملفين.
- 2- يجعل الجهد عبارة عن موجة جيبية *Sinusoidal waves* .
- 3- يمكن الحصول على جهد ثالث مختلف عن جهد الملف الابتدائي والثانوي يستخدم في بعض الأغراض الخاصة.

Harmonics In Three-Phase Transformer Banks Yy+d

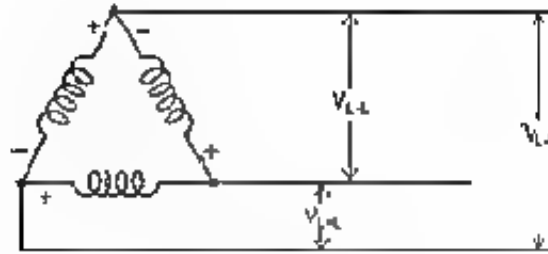


شكل (65)

2- توصيل (دلتا - دلتا) Delta Connection

من المعروف أنه في توصيلة دلتا Delta Connection أن تيار الخط يسوي $(\sqrt{3})$ تيار الوجه، وجهد الخط يساوي جهد الوجه.

$$I_L = \sqrt{3} I_{Ph} \quad V_L = \sqrt{3} V_{Ph}$$



الشكل (66)

كما سبق تلاحظ أن جهد الخط وجهد الوجه يتم تسليطه على ذراع واحد من قرصية دلتا، وتيار الوجه يمر في ذراع واحد أما تيار الخط يمر في ذراعين من توصيلة الدلتا.

لذلك فإن هذه النوع من التوصيل يستخدم في:

المحولات ذات لجهد المنخفض، حيث يتم تسليط جهد الوجه على ذراع واحد، فإذا كان الجهد منخفضاً ستقل كمية العزل.

المحولات ذات القدرات الكبيرة، لأن التيار سوف يتوزع على ذراعين

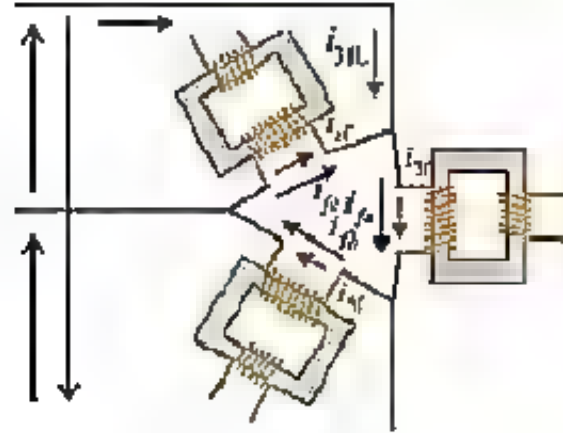
مميزاته:

- لا يوجد فرق في الطور بين الملف الابتدائي والثانوي.

1- لا يحدث تشوه لشكل موجة الجهد، مرور تيار المعطلة والذي يحتوي

على التوافقيات من النوع الثالث، فاحمل الدلتا الملف الابتدائي ولا تختص

إلى الملف الثانوي ولا للحمل.



الشكل (67)

فلاحظ أن الجهد الموجود على كل فاز Phase Voltage في الملف الابتدائي Primary Side هو جهد حبيبي Sinusoidal Voltage وأنه يسحب تيار المغلطة Magnetizing current المكون من الموجة الأساسية Fundamental wave بالإضافة لتيار التوافقية الثالثة Third Harmonic في كل نازل على حدة، وعند حساب قيمة تيار الخط للموجة الأساسية نجد أن هذا التيار له قيمة وعند حساب التوافقية الثالثة نجد أنه يساوي صفراً لأنهم في نفس الوجه وهذا يعني أن ميارات التوافقية الثالثة لا يوجد بها ظهور في تيار الخط في حالة توصيلة الدلتا لأن تيار التوافقية الثالثة يدور داخل الدلتا ولا يظهر خارجها.

٢- مساحة مقطع الموصلات صغيرة لأن تيار الوجه يساوي $1/1.7$ من تيار الخط

٣- عدم اتزان الأحمال في ناحية نصف الثانوي لا تسبب أي مشاكل.

عيوبه:

١- يحتاج إلى عزل كبير

٢- نظراً لعدم وجود تقطع التعادم فترته عند حدوث قصر لأحد الفازات مع الأرضي فإن الجهد بين الملفات ولتلب الحديدي تساوي جهد الخط

3- توصيل (ستار - دلتا) Connection Y = Δ

هذا التوصيل يستخدم في نهاية خطوط النقل ويستخدم كمحول خافض، وذلك لأن توصيلة ستار تستخدم في الجهد العالي والتيار المنخفض وتوصيلة دلتا تستخدم في الجهد المنخفض وفي التيار الكبير، ففي نهاية خطوط النقل يتم تخفيض الجهد حتى يتم استخدامه في محطات التوزيع فلذلك يكون هذا النوع متسببا.

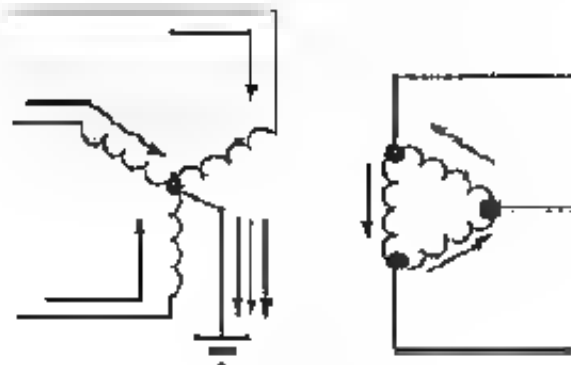
مميزاته،

1- مساحة مقطع الموصلات صغير لأن تيار الوجه يساوي $1/1.7$ من تيار الخط.

- 2- عدم انزلاق الأحمال في ناحية لمف الثانوي لا تسبب أي مشاكل.
- 3- عدد القنات ركمية العزل قليلة لكل فارة من الملف لا ابتدائي.

عيوبه،

- ثعبان المغنطة يمر في الملف الابتدائي وهذا التيار يحثوي على ارتفاعه من النوع الثالث والخامس التي تشبه شكل اموجة إلا إذا تم توصيل نقطة التعادل بنقطة تأريض المولد كما هو موضح بالشكل (68).



الشكل (68)

- ١- الملف الابتدائي يسبق انحنى التفاضلي بزاوية 30 درجة وهذا يسبب مشكلة في حالة عمل المحولات على التوازي.
- ٢- يحتاج إلى عزل كبير في الملف الثانوي.
- ٣- نظرا لعدم وجود نقطة التعادل في الملف الثانوي فإنه عند حدوث قصر لأحد المعارات مع الأرضي فإن الجهد بين ملفات والفيس تحديدي تساوي جهد الخط.

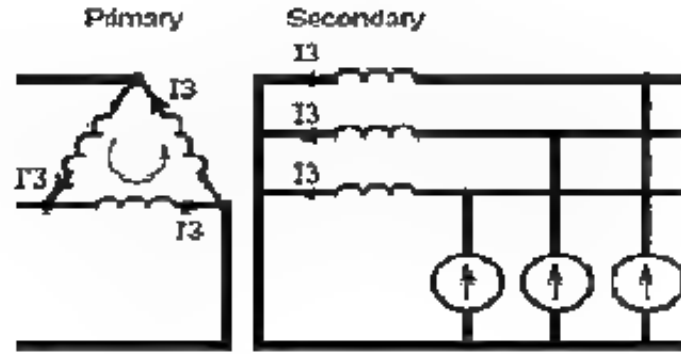
٥- توصيل (دلتا - ستار) $\Delta - Y$ Connection

هذا النوع من التوصيل يستخدم في حالتين كالتالي:

- ١- يستخدم كمحول رافع في بداية خطوط النقل، ففي محطات التوليد يكون جهد التوليد صغيرا (من ٨.٥ كيلو فولت - 20 كيلو فولت) لذا يستخدم هذا النوع من المحولات لأن الملف الابتدائي يكون دلتا (في حاسب المولد) وهو مناسب للجهد المنخفض وتيار التوليد العالي وكذلك للاستفادة من مميزات الدلتا التي تمنع تيارات اختنايع صفري Zero sequence current من العودة من جهة الخط إلى جهة المولد والتي يمكن أن تسبب اختلالات عسقة للمولد vibrations ويكون للمصنف الثانوي ستار (في حاسب خط النقل) وهو مناسب لجهد النقل العالي والتيار المنخفض لكي يقل انعقد.
- ٢- يستخدم كمحول خافض في محطات التوزيع، فيتم توصيل طرف لتعادل Neutral بالأرض ويتم الحصول على جهد الوجه (220 فولت) بالإضافة إلى جهد الخط (380 فولت) ويتم استخدامه في الأغراض السكنية والتجارية.

مميزات

- ١- لا يحدث تشوه لشكل موجة الجهد نظرا لمرور تيار المغنطة والذي يحتوي على التوافقيات من النوع الثالث والخامس داخل الدلتا لمصنف الابتدائي ولا تنقل إلى الملف الثانوي ولا للحمل.



الشكل (69)

3 - هذه التوصيصة تعزل الأعطال الأرضية في جهة الخط من التأثير على أجهزة الحماية من الأعطال الأرضية Ground fault Protection المركبة على أجهزة الترددات والتي تكون حساسة جدا وبالتالي تضمن استقرارها بالنسبة للأعطال الخارجية.

3- يستخدم في محولات التوزيع لتغذي الأحمال التي جهدها 220 فولت & 380 فولت.

4- عدم انزاح الأحمال في ناحية الملف الثانوي لا تسبب أي مشاكل.

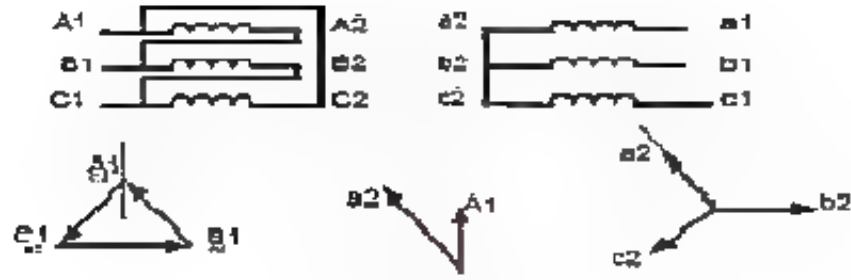
5- عدد القنات ركمية العزل قليلة لكل فازه من الملف الثانوي.

هيويد.

1 - لجهد موجود في الملف الثانوي يسبق الجهد الموجود في الملف الابتدائي بزاوية 30 درجة، أي أن الزاوية بين ملفات الابتدائي والثانوي تكون سالبة 30 درجة، انظر الشكل (70)

2- يحتاج إلى عزل كبير.

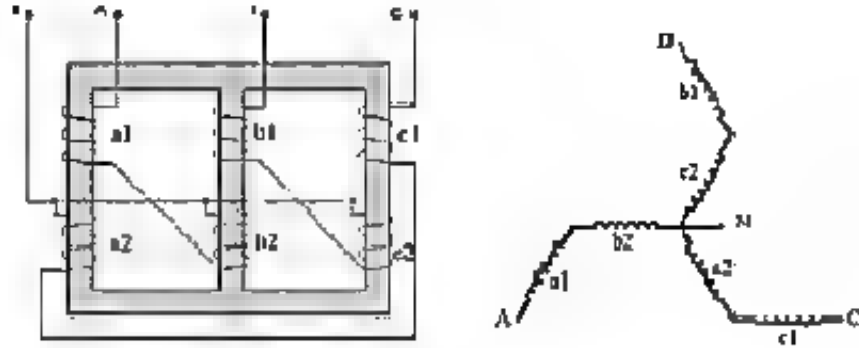
3 - نظرا لعدم وجود نقطة التعادل فإنه عند حدوث قصر لأحد الفازات مع الأرضي فإن الجهد بين الملفات والقلب الحديدي تساوي جهد الخط.



الشكل (70)

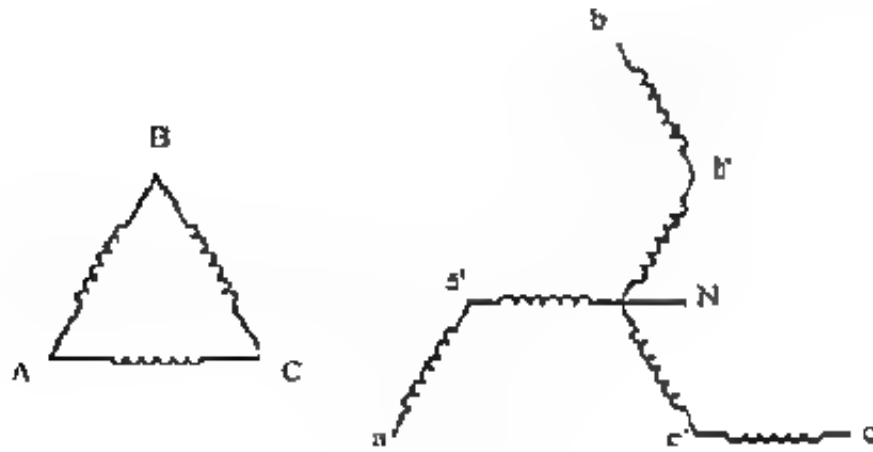
5- توصيل (دلتا - زجراج) D - Z Connection

تعتبر توصيلة kiga أو النجمة المتعرجة Interconnect Star من التوصيلات المستخدمة في المحولات حيث يتم تقسيم الملفات كل ملف إلى نصفين موصلين على التوازي، ويتم التوصيل بين الملفات كما في الشكل، فالملف الأول (A) يتكون من جزئين متماثلين الجزء الأول A1 يكون ملفوف على أحد الأرجل والجزء الثاني A2 ملفوف على رجل أخرى، والملف الثاني (B) يتكون من جزئين متماثلين الجزء الأول B1 يكون ملفوف على أحد الأرجل والجزء الثاني B2 ملفوف على رجل أخرى، والملف الثالث (C) يتكون من جزئين متماثلين الجزء الأول C1 يكون ملفوف على أحد الأرجل والجزء الثاني C2 ملفوف على رجل أخرى، ويقتضي الوصل على نقطة تعديل، فيوجد ستة لفات على قيب المحور ويتم توصيلها ببعضها البعض وهي تبدو كمزيج من توصيلة النجمة والدلتا، حيث توصل لفات مع بعضها تستخرج النقطة المحايدة وهذا هو هدفه الأساسي



الشكل (71)

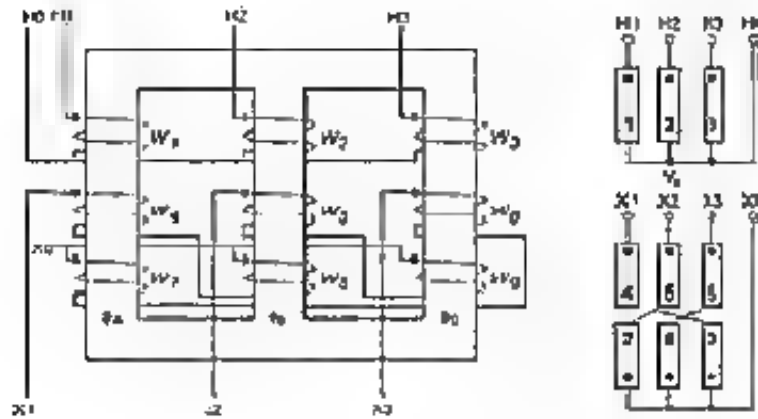
المحول من النوع دلتا - زيجاج) يتم توصيل الملف الابتدائي على شكل دلتا والملف الثانوي على شكل زيجاج، ويكون لهذا المحول نفس مميزات المحول الموصّل دلتا - ستار، بالإضافة إلى عدم وجود إزاحة في الطور بين الملف الابتدائي والثانوي. لذلك فترسية الدلتا - زيجاج تكون مثل توصيلة دلتا - دلتا.



الشكل (72)

٥- توصيل (ستار - زجراج) Y-Z Connection

المحول من النوع ستار - زجراج يتم توصيل الملف الابتدائي على شكل ستار، والملف الثانوي على شكل زجراج، ويكون لهذا المحول نفس مميزات المحول الموصل ستار - ستار بالإضافة إلى أنه هذه التوصيلة تعمل على حجز التوافقيات التريبية triple harmonic 3rd, 9th, 15th, etc لذلك يفضل وضع مد النوع من المحولات عند الاحتمال التي ينتج عنها توافقيات عالية، ويتمنع مرورهم إلى المصدر.



الشكل (73)

ملاحظة : محولات من حيث التبريد

١- محولات جافة Dry Type Transformers

في هذا النوع لا تنمر الملفات ولا القلب الحديدي في الزيت وإنما توضع في الهواء مباشرة وله قدرات محدودة حتى 3000 ك.ف.أ ويكون الجهد العالي الذي يتصل به 15 كيلو فولت، وتتميز لمحولات الجافة بسهولة صيانتها ويقض استخدامها داخل المباني Indoor لأنها أكثر أماناً من المحولات الزيتية ويوجد منها قومان هما

١- محولات تبرد بالهواء الطبيعي Self - Air Cooled .

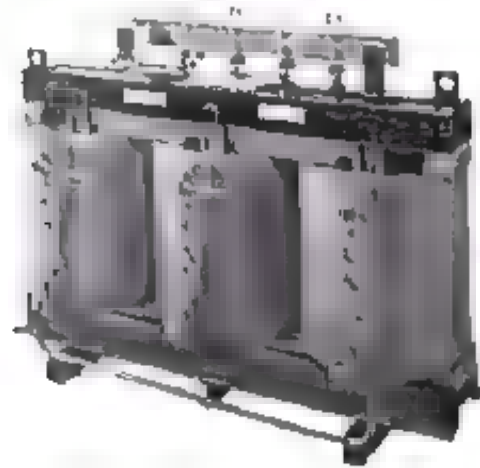
٢- محولات تبرد بالهواء المدفوع Air - Blast Cooled .

أولاً ، المحولات التي تبرّد بالهواء الطبيعي

في هذا النوع تكون الملفات والقلب الحديدي محاطة بالهواء تحت الضغط الجوي العادي، وغالب ما تكون محولات صغيرة ويتم طرد الحرارة الناشئة في الملفات والقلب الحديدي عن طريق ميارات الحمل الهوائية *Convection* وعن طريق الإشعاع *Radiation* من الأجزاء المختلفة. وهذا النوع من المحولات يجب ألا يترك فترة كبيرة دون تشغيل حتى لا تكون معرضة لامتصاص الرطوبة من الجو المحيط

ثانياً ، المحولات التي تبرّد بالهواء المدفوع

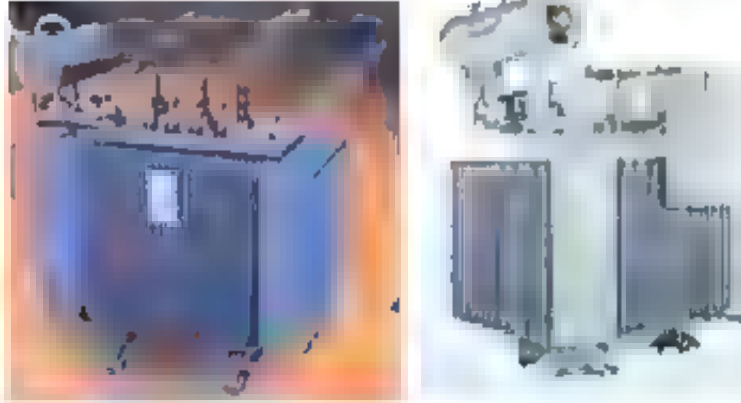
وهذا النوع يسمى أيضاً *Cast resin* وفيه تكون الملفات مسبوكة داخل عازل خارجي، وهذه المادة العازلة لها نفس معامل التمدد الحراري لمادة الملفات فلا يتأثر بالططوبة ولا يتكون فيها صمغ هوائية، وهذا النوع تكون كثافة تسريب الحرارة فيه منخفضة لذا يتم استخدام مرووح وشعاعات لتبريد. ونتيجة لذلك *Cast resin* المحيط بالمعدات فإنه أكثر قدرة على تحمل القوة الميكانيكية التي تنشأ عند حدوث قصر *Short Circuit* داخل المحول.



الشكل (74)

2 محولات زيتية (Oil Filled Transformers)

ويتم تبريدها بـ زيت وله قدرات حتى مئات الميجا وولت. أمبير
ومن المعلوم أن معظم مفاتيح المحو تظهر كحرارة في القلب الحديدي
والملفات وباقي أجزاء المحول. وأن الحرارة هي العدو الأكبر للمحو ولكن
يعمل المحو بصورة مرضية وكفاءة عالية لابد من إزالة الحرارة بنفس
السرعة التي تنتج بها، ومن هنا تظهر أهمية التبريد في المحولات، وبالنسبة
لأغلب المحولات يكون الزيت هو أكف رشح لامتصاص الحرارة من القلب
والملفات ومقلب إلى الأسطح الخارجية المبردة طبيعياً أو صناعياً



الشكل (7د)

والجدول التالي يوضح أن امفاقيد في المحولات اىجاة أكبر من المفاتيح في
المحولات الزيتية وذلك في حالة الحمل الكاس وفي حالة نصف احم.

(Oil Transformer) Losses			Dry Type Transformer Losses		
KVA	Half Load (w)	Full Load (w)	KVA	Half Load (w)	Full Load (w)
500	2465	4930	500	5000	10000
750	3690	7380	750	7500	15000
1000	4920	9840	1000	10000	20000
1500	7380	14760	1500	15000	30000
2000	9840	19680	2000	20000	40000

فوائد المحولات:

1- العزل، فمن المعروف أن جهد الانهيار لمريت قد يصل إلى 80 كـ \ ف \ سم وجهد الانهيار للهواء يصل إلى 30 كـ \ ف \ سم، وبالتالي فإن الزيت أفضل بكثير من الهواء، فعند وضع الزيت في المحول فإنه يزيد من قوة العزل بين الملفات ويعصها وبين الملفات والقلب الحديدي وبالتالي، فزيادة قوة العزل بين الملفات الابتدائية والملفات الثانوية تساعد على تقليل المسافة بينهما، وبالتالي يمكن الحصول على حجم مقبول للمحول، فمعنى أن قوة عزل الهواء تساوي 30 كـ \ ف \ سم هو أن كل موصلين كهربيين بينهما مسافة 1 سم يمكن أن يرتفع فرق الجهد بينهما بما لا يزيد عن 30 كـ \ ف وإذا أردت أن تضيق المسافة بينهما دون حدوث شرارة كهربية فيجب تدبير مادة الفراغ بينهما لتصبح زيت (جهد الانهيار لمريت قد يصل إلى 80 كـ \ ف \ سم) بدلاً من الهواء.

2- التبريد، فالمريت يتقلقل بسهولة بين الملفات والقلب الحديدي وتنتقل إليه الحرارة من الملفات والقلب ثم يفرغ بطرق الحرارة الموجودة بالزيت إلى الوسط الخارجي بعدة طرق (التوصيل - الحمل - الإشعاع) بمساعدة بنية عناصر منظومة التبريد (المضخات - الرادياتير - لمواسير - المراوح) أو من خلال التلامس الطبيعي بين لمريت وجسم المحول الخارجي، فعن طريق انتقال الحرارة المتولدة في القلب والملفات إلى الزيت المحيط بها من خلال العوارل الصلبة (عوارل الملفات وعوارل رقائق قلب المحول) ويقوم الزيت بنقل تلك الطاقة الحرارية إما إلى خزائن لمحول وملحقات التبريد الخاصة به وإما إلى أسطح مفعلة أكثر برودة ويتم بعد ذلك التخلص من الحرارة بها.

3- حماية ورق العزل والخشب والملفات والقلب الحديدي المستخدم في عزل وتثبيت الملفات من الرطوبة والرواسب، ففي حالة عدم وجود الزيت يجد أن ورق العزل يتأثر بالحرارة

4- الزيت يعطي كل الأجزاء المعدنية هبمع حدوث العديد من العمليات الكيميائية مثل الأكسدة التي تؤثر بشدة على توصيلية الموصلات، كما يمتص أي تفاعلات أخرى كالتآكل يتكون من بعضها الصدأ وبالتالي يمنع حدوث شوائب وبالتالي يساعد على محافظة كل مكونات المحول بحالتها لفترة كبيرة جدا 5 يساعد في كشف العديد من الأعطال في المحول حيث إن حدوث عطل بالمحول يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الزيت (فيتم معرفة الأعطال عن طريق عدل حرارة الزيت)، وكذلك يؤدي إلى تغيرات كيميائية في خواص الزيت داخل المحول نتيجة للطاقة الكبيرة الناتجة عن العزل، فعن طريق أخذ عينة من الزيت وتحويلها لنمنا نصل إلى نتائج تساعد في تحديد نوعية العزل داخل المحول، كذلك يمكن معرفة الأعطال عن طريق جهاز الموجة الراديوية.

أنواع زيوت المحولات :

يستخدم نوعان أساسيان من السوائل في عملية العزل والتبريد في المحولات هما :

1- زيت المعدني

2- لسوائل المقاومة للحريق.

أولاً : الزيت المعدني ،

الزيت المعدني Mineral Oil وهو نوع من الزيوت الطبيعية التي تستخرج مباشرة في مصافي البترول دون أي إضافات كيميائية، ويعتمد أداء المحول إلى درجة كبيرة على خواص الزيت الفيزيائية والكيميائية والكهربائية، ويفضل استخدامه في المحولات التي يتم تركيبها خارج المباني.

وللزيت المعدني عيوب من أهمها :

قابل للاشتعال

2- بخاره يمتص بالهواء وهذا الخليط قابل للانفجار.

3- يمتص الرطوبة بصورة كبيرة

ثانياً : السوائل المقاومة للحريق ،

حيث إن الزيت معدني قابل بطبيعته للاشتعال؛ ظهرت الحاجة إلى البحث عن سوائل أخرى لها نفس الخواص الكهربائية والكيميائية الممنونة للزيت ولكن يكون لها القدرة على مقاومة الحرائق، وقد ظهرت أنواع كثيرة من سوائل المقاومة للحريق ومن أشهرها

سائل الإستر التخليقي Synthetic Ester Fluid

2- لسائل السليكوني Silicon Liquid

3- High - density hydrocarbons لـ

4- Insulating halogen liquids لـ

خصائص زيت المحولات،

هناك خصائص كثيرة جداً لزيت المحولات من أهمها

1- اللزوجة المنخفضة

توجد ثلاث طرق تقديد الحرارة استتوتة هي الإشعاع و لنوصيل واحصل، والحصل هو أهم هذه الطرق وهو يعتمد على التبريد الطبيعي الذي تحدثه الحداية نتيجة للفرق بين كثافة السائل الساخن وكثافة السائل البارد هالزيت الساخن تقل كثافته وبالتالي يرتفع إلى أعلى ويحل محله زيت بارد، ولذا من المهم بالنسبة لزيت المحول أن يكون له لزوجة منخفضة حتى يتم سهولة سريان الزيت، كما تساعد اللزوجة المنخفضة في اختراق الزيت داخل الأسابيع المسبقة وتساعد في تدويره خلال المضايق بسم التسخين، كما تساعد اللزوجة المنخفضة للزيت في اختراق وصلء الفراغات بين طبلات بعزل المغوف وبالتالي بالتخلل بالورق و مواد العزل الأخرى.

2- نقطة الانسكاب المنخفضة

هذه الخاصية مهمة جداً في المحولات المستخدمة في الأجواء الباردة حيث تريد لزوجة الزيت بانخفاض درجة حرارتها حتى تصبح نصف صلبة، وهي

المرحلة التي بعدم فيها تأثير التبريد وفعالية في زيادة اللزوجة، نقطة الانسكاب للسائل هي أقل درجة حرارة يكون عندها السائل قادر على السريان الملحوظ، لذلك لابد أن يحتفظ الزيت بلزوجته المنخفضة عند انخفاض درجة الحرارة حتى لا يحدث عاقبة للسريان بشكل مؤثر

3 نقطة الوميض العالية Flash Point

نقطة الوميض هي أقل درجة حرارة ينتج عندها السائل أبخرة لذلك من الضروري أن تكون درجة حرارة الزيت أقل كثير من نقطة الوميض، حتى لا يحدث فقد للعناصر الأكثر تطايراً التي يشكل وجودها بكميات صغيرة جداً خطراً محتملاً للحريق والانفجار. المحدد بنقطة الوميض درجة حرارة لرويت التي تكون عندها الأبخرة المتواجدة في الهواء للملاصق لهذا الزيت قابلة للاشتعال إذا تعرضت لأي لهب أو مصدر للحريق مثل الشرر الكهربى ومع ذلك يجب أن تكون نقطة الوميض ثابتة أعلى من درجة حرارة الزيت أثناء أداء المحول وتحدد المواصفات نقطة لوميض كما يلي 140 درجة م للزيوت الخالية من موانع الأكسدة 130 درجة م للزيوت الحاوية على موانع أكسدة

4- الاستقرار الكيميائي

نتيجة لزيادة درجة الحرارة يمكن أن تتحلل جزيئات الزيت إلى مكونات أخف وزناً وأكثر تطايراً مما يؤدي ذلك إلى حدوث حرائق وانفجارات، لذلك يجب ألا يحدث هذا في درجات حرارة التشغيل العادية التي تصل إليها المعدة

5- الحموضة Acidity

هناك عدة أسباب لتكوين الحموضة في الزيت منها ارتفاع درجة حرارة لرويت وملاصقه للقلب الحديدى وملفات المحول ومنها أيضاً مرور البخار التسريبي وحدوث التآكل في الزيت، وكل هذا ينتج عنه تكون بعض الأكاسيد التي تتسبب في تكوين الأحماض التي تؤدي إلى:
1- تآكل جسم الخزان للمحول.

2- سقوط لصدا المتكون على ملفات وقلب المحول مما يؤدي إلى حدوث قصر

في ملفات المحول

3- تكوين كتل صلبة Sludge وقد تترسب هذه الكتل على القلب الحديدي والملفات وفي مجاري التبريد للزيت (مواسير التبريد - وعاء التبريد) مما يسبب ضعف عملية التبريد.

4- ارتفاع مع الحديد والنحاس والمراد العازلة (ورق - خشب - ..) وتذويبها جميعاً ويعوم الذائب في الزيت فيقل عزل الزيت.

5- قد تحول الحموضة الزيت إلى الكتروليت موصل.

6- تؤدي الحموضة أيضاً إلى تآكل العزل خاصة بين الملفات وبعضها مما يجعل يحدث قصر لفة مع لفة.

وتعاس الحموضة بمادة هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة بمعادله جرام واحد من زيت ويجب ألا تزيد نسبة لحموضة على 1 ميلي جرام هيدروكسيد بوتاسيوم / جرام زيت.

6- الماء في الزيت

الماء قابل للذوبان في زيت المحرك بشكل محدود وتتراوح القابلية للذوبان بين 30 و 80 جزء في المليون عند درجة حرارة 30 °م وتكون القابلية للذوبان اعلى عند درجات الحرارة الأعلى.

ويؤدي وجود الماء اسر إلى تقليل القوة الكهربائية للزيت، يحدث يكون الماء دائماً تقل آثاره السلبية على الزيت. ولكن المشكلة تكون أن العزل الورقي له ميل كبير لامتناس الماء بحيث تكون لكمية من الماء الموجودة في الورق أكبر بكثير من تلك الموجودة في الزيت. ولهذا يكون الهدف الرئيسي في الحصول على محتوى منخفض من الرطوبة في الزيت هو الحد من كمية الماء الموجودة في العزل الورقي والذي يقل بشدة خواص عزله الكهربى تتأثر خواص الزيت بدرجة كبيرة بوجود الماء فيه وذلك يتيين لت بوضوح إذا علمنا أن نسبة 0.06% من الماء داخل الزيت تقلل من شدة العزل الكهربى له إلى حوالي

نصف قيمتها التي يكون عليها الزيت عندما يكون خالي تماما من الماء ويمكن بثخينة صغيرة تكشف عن وجود الماء داخل الزيت ويتم ذلك بتسخين مسبار إلى درجة الاحمرار ثم غمسه في الزيت وإذا حدثت (طريقة) يدل ذلك على وجود الماء داخل الزيت.

٧ القوة الكهربائية

يجب أن يميز زيت المحركات بقوة كهربية عالية، فجهد انهيار العزل للزيت يحدد الخواص الكهربائية للزيت كمادة عازلة، فأي تلوث يتسرب للزيت مثل الرطوبة moisture أو وجود مواد موصلة conducting material يتسبب في تقليل قوة عزل الزيت فقد يؤدي إلى حدوث شرارة بين الملفات تؤدي إلى سخونه الزيت وربما اشتعاله، وكذلك تصرب لهواء إلى الزيت يتسبب في أكسدة لزيت oxidation وهذا يؤدي إلى تقليل قوة عزل الزيت.

٨ قابلية غلط الزيوت

يمكن خلط زيت المحركات من النوع ديهال ١ & A ، B ، C بون حدوث أي مشاكل أو حدوث سطح مائل أو تمايل موضعي

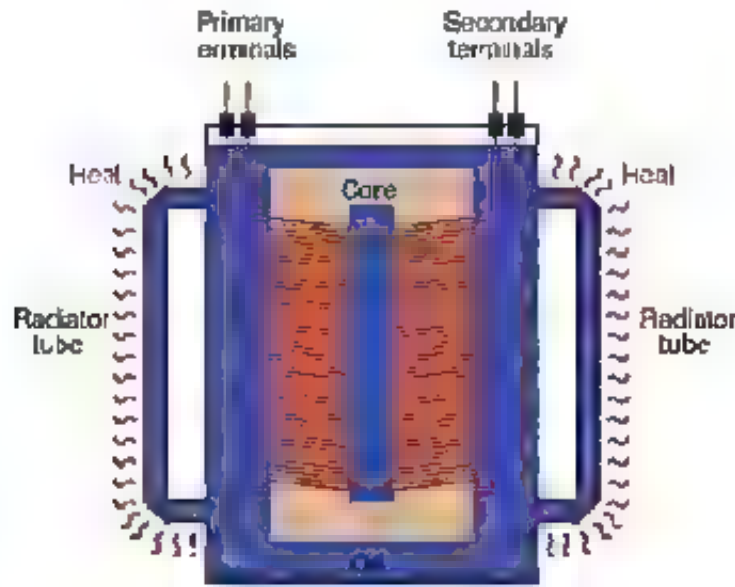
طرق تبريد الزيت Methods of Oil Coolant

يوجد عدة طرق لتبريد المحركات منها

- 1- ONAN (Oil Natural Air Natural),
- 2- ONAF (Oil Natural Air Forced)
- 3- OFAF (Oil Forced Air Forced)
- 4- ODAN (Oil Direct Air Natural)
- 5- ODAF (Oil Direc. Air Forced),
- 6- OFWF (Oil Forced Water Forced)
- 7- ODWF (Oil Direct Water Forced)

أولاً النوع ONAN

هذا النوع من التبريد يسمى Oil - immersed . Self cooled حيث يتم تبريد مكونات المحول (القلب الحديدي والملفات) من الداخل بالزيت أي أن القلب الحديدي والملفات يكونو مغمورين في الزيت داخل الخزان الرئيسي ويتم تبريد المحول من الخارج بالهواء الجوي Natural air circulation ويمكن تركيب زعانف Heat sinks أو مشعاع Radiators على الخزان الرئيسي لزيادة التبريد. فعندما يسخن الزيت، تقل كثافته فيرتفع إلى أعلى ويدخل الزيت البارد من الأنبوب الإشعاع ويدخل الزيت الساخن بدلا منها فيتم تبريده وهكذا.

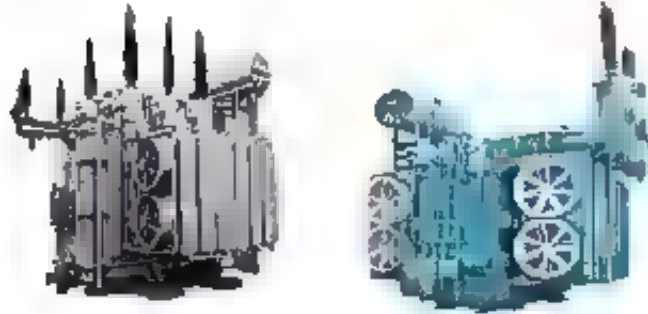
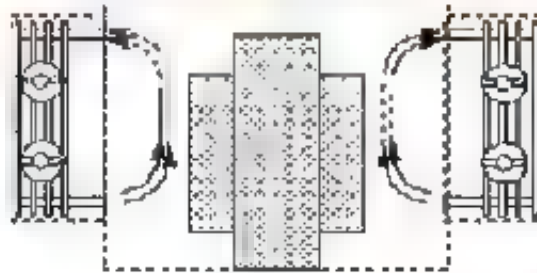
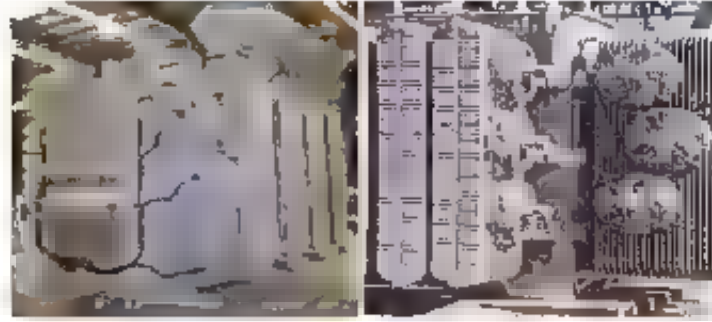


الشكل (76)

ثانياً النوع ONAF

هذا النوع من التبريد يسمى Oil - immersed Self cooled / Forced air cooled يكون القلب الحديدي والملفات مغمورين في الزيت، ويتم تبريد مكونات المحول من الخارج بالدورة الطبيعية للهواء الجوي Natural air circulation ويتم تركيب

مراوح Electric Fans على المشعاع لزيادة التبريد بالهواء المدفوع من المراوح، أي أن هذا النوع هو نفس ابتوع ONAN، بالإضافة إلى تركيب المراوح على المشعاع، وهذا النوع من المحولات يمكن تحميله بقيمتين للقدر، قيمة عندما يكون المرواح مفصولة وقيمة عندما تكون المراوح تعمل ويكون تقريبا استخدام المرواح بجعبا نحس المحول في حدود 35% زيادة على حصته بدون مرواح



شكل (77)

ثالثا النوع ، ONAF

هذا النوع من التبريد يسمى ،

Oil immersec. Self cooled / Forced air cooled / Forced oil cooled

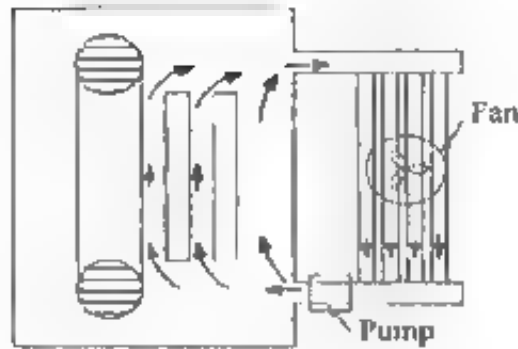
و يتم استخدام هذه الطريقة في المحولات التي تزيد قدرتها عن 60 ميجاوات، حيث تسبب الحرارة المتولدة فقدًا في القدرة يعادل 1% من قدرة المحول أي حوالي 0.6 ميجاوات.

هذا النوع هو نفس النوع ONAF بالإضافة إلى تركيب سلعية بين المشاع والمحول (كما بالشكل 71). لسرعة انتقال الزيت بين المشاع و لمحوي فتزيد دورة الزيت وبالتالي يزيد التبريد

ولكن في هذه الطريقة تقوم الطلمبات بضخ الزيت داخل التانك بطريقة حرة وعشوائية ولهذا تسمى هذه الطريقة Non = Direct Flow .

ويج هذا النوع يكون المحول له ثلاث فترات :

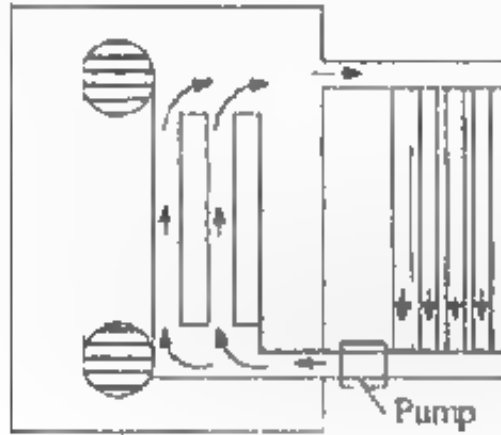
- 1- قدرة بدون مراوح واطلمبات.
- 2- قدرة أعلى عند تشغيل المراوح
- 3- قدرة أعلى عند تشغيل المراوح والاطلمبات



الشكل (78)

رابع النوع : OJAN

في هذا النوع يتم تبريد مكونات المحول (القلب الحديدي والملفات) من الداخل بالزيت أي أن القلب الحديدي والملفات يكونوا مغمورين في الزيت داخل خزان الرئيسي ويتم تبريد المحول من الخارج بالهواء الجوي ولا نستخدم مراوح في هذا النوع، ويتم تركيب مشعاع Radiators على الخزان الرئيسي ويتم تركيب طلمبات بين المشعاع والخزان الرئيسي لزيادة دورة الزيت لسرعة التبريد. وهذه الطلمبات تصنع الزيت في مسارات متعددة ليمر خلال وبين لفافات ولا تصنع الزيت بطريقة جرة ومشتوية بل هي التارك ولذلك تسمى هذه الطريقة Direct Flow



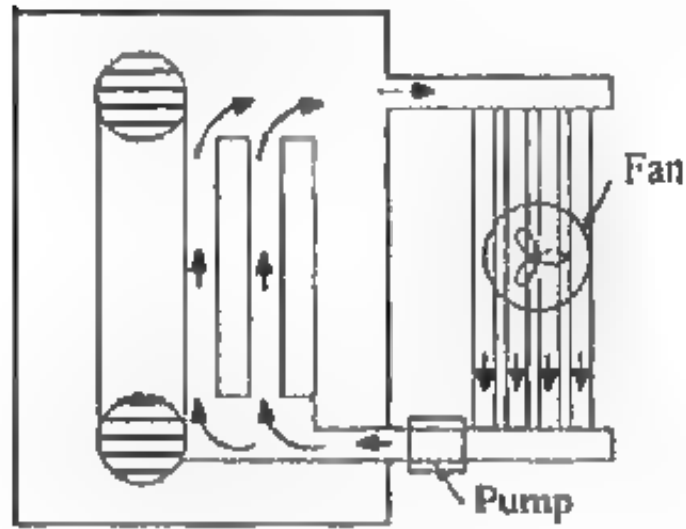
الشكل (79)

خامس النوع : ODAF

يكون القلب الحديدي والملفات مغمورين في الزيت، و يتم تبريد مكونات المحول من الخارج بالدورة الطبيعية للهواء الجوي ويتم تركيب مراوح على المشعاع لزيادة لتبريد بالهواء المبرود من المراوح، ويتم تركيب طلمبة لسرعة انتقال الزيت بين المشعاع والمحول بمزيد دورة لزيوت وبالتالي يزيد التبريد. أي أن هذا النوع هو نفس النوع ONAF بالإضافة إلى تركيب الطلمبة بين المشعاع والمحول.

و هي هذه الطريقة تقوم المظلمبات بضغط الزيت داخل التنتك في مسارات محددة ليتمر خلال وبين الملفات، ولا تضخ لزيت بطريقة حرة وعشوائية داخل التنتك كما في الطريقة OFAF ولذلك تسمى هذه الطريقة Direct Flow وفي هذا النوع يكون المحور له ثلاث قدرات

- قدرة بدون مراوح وظلمبات.
- 1- قدرة أعلى عند تشغيل المراوح
- 2- قدرة أعلى عند تشغيل المراوح والظلمبات.

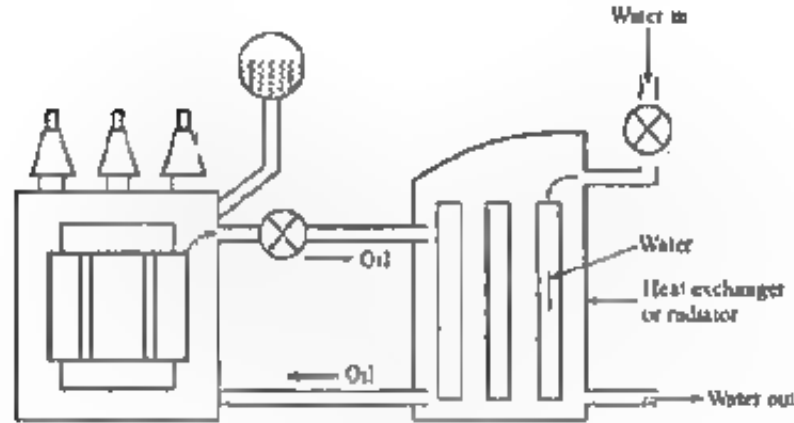


شكل (80)

سادما النوع : OFWE

تستخدم هذه الطريقة في المحولات الكبيرة التي تقدر قدرتها بمئات الميغاوات حيث يتم تركيب مبادل حراري Heat Exchanger خارج المحول، ويتم ضخ ماء التبريد Cooling water عن طريق طلمبة خلال المبادل الحراري حيث يتم تبريد زيت المحول عن طريق الماء داخل المبرد الحراري، فعند زيادة درجة حرارة الزيت يرتفع إلى أعلى ويتم دخوله إلى المبادل الحراري عن طريق محبس (بلف) وعندما يبرد الزيت يعود ليدخل إلى المحول من أسفل المبادل الحراري، أي أن

- 1- يتم دخول الزيت من المحول إلى المبادل الحراري من الماسورة العلوية
- 2- يتم ضخ ماء التبريد إلى المبادل الحراري، ليقدم الماء بتبريد الزيت (كلا من الزيت والماء يمتزجان في مواسير متصلة داخل المبادل الحراري ولا يحدث بينهما أي خلط).
- 3- يعود الزيت بعد تبريده إلى المحول من الماسورة السفلية بطريقة حرة وعشوائية.

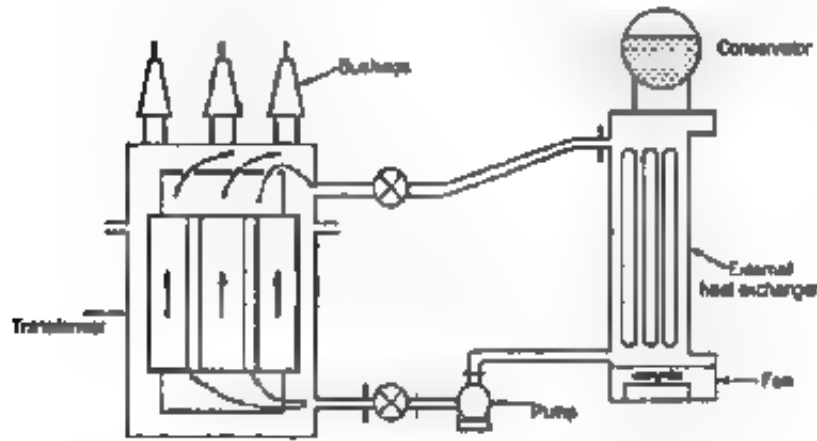


الشكل (8)

سابقا ، الطريقة OPWE

تستخدم هذه الطريقة أيضا في المحولات الكبيرة التي تقدر قدرتها بمئات الميجاوات حيث يتم تركيب مبادل حراري خارج المحول ، وماء التبريد يتم دخوله المبادل الحراري من خلال خرانق مثبت أعلى المبادل الحراري ، حيث يتم تبريد زيت المحول عن طريق الماء داخل المبرد الحراري بعد زيادة سرعة حرارة الزيت يرتفع إلى أعلى ويتم دخوله إلى المبادل الحراري عن طريق محبس ويتم تركيب مراوح على المبادل الحراري لزيادة كفاءة التبريد ، وعندما يبرد الزيت يعود ليدخل إلى المحول من أسفل عن طريق طلمبة

هذه الطريقة من طرق التبريد تشبه تماما الطريقة OPWE ولكن الفرق الوحيد هو أن اسطوانات تصخ الزيت في مسارات متعددة ليمر خلال وبين الملفات ولا تصخ الزيت بطريقة حرة وعشوائية داخل التانك كما في اسطريقة OPWE



الشكل (82)

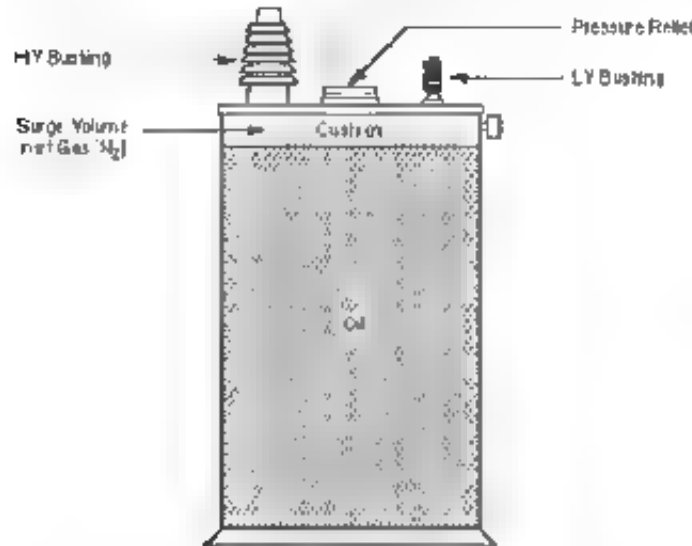
أنواع أخرى من المحولات الزيتية

1- المحولات المغلفة Sealing Transformers

أ- النوع الأول:

هي محولات يكون بها خزان رئيسي فقط أي لا يوجد بها خزان احتياطي ولا يوجد جهاز بوضهر زلاي ولا يوجد أيضا وعاء سليكاجل) وتكون محكمة الغلق حيث يتم عمل لحامات جيدة للخزان الرئيسي ، ويوضع القلب الحديدي الـ Core والملفات الـ windings داخل الخزان الرئيسي وتكون مملوءة بالزيت بمستوى معين محسوب حسب تصميم المحول و يتم ترك منطقة فراغ فوق الزيت يوضع بها هواء جاف مضغوط Pressurized dry air أو نيتروجين Nitrogen، ويصمم هذا النوع من المحولات ليعمل عند درجات الحرارة من -5°C حتى 105°C ، فعند زيادة درجات الحرارة يتسدد الزيت داخل التناك ر جهاز نفيس الضغط

Pressure relief valve

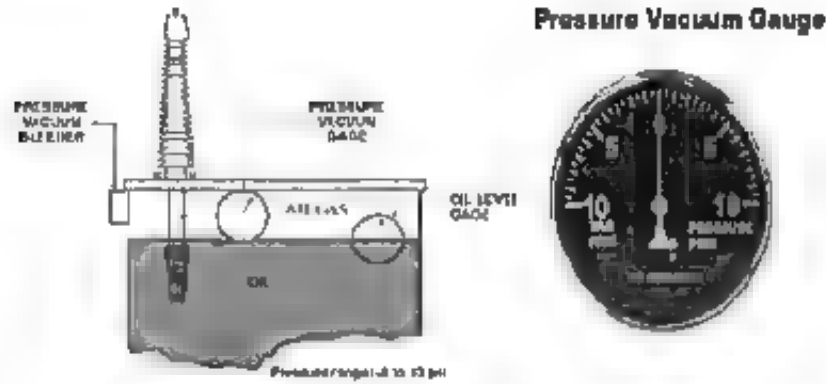


الشكل (83)

ب. التنوع الثاني.

في محولات يكون بها خزّان رئيسي فقط (أي لا يوجد بها خزّان احتياطي ولا يوجد جهاز بومبيلز ريلاي ولا يوجد ايضا رعاء سلبكاجل) وتكون محكمة الخلق حيث يتم عس لصامات جيدة للخزان الرئيسي ، ويرضع القلب الحديدي الى Care والملفات 3. windings داخل الخزان الرئيسي وتكون مملوكة بالزيت بمستوى معين محسوب حسب تصميم المحوّل و يتم ترك منطقة ذراع قرني الزيت يوضع بها هواء حاف مضغوط Pressurized dry air أو نيتروجين Nitrogen ويتم تركيب بلف Pressure / Vacuum Bleeder valve ، وهذا البلف مصمم للحفاظ على الضغط داخل المحوّل في حدود $\pm 1 \text{ psi}$ أي أن الضغط إما أن يكون ضغط موجب (أعلى من الضغط الجوي بمقدار 10 psi أو يكون ضغط سالب (فاكيوم) (أقل من الضغط الجوي بمقدار 10 psi) فعند زيادة درجات الحرارة يتمدد الزيت داخل التناك ويزيد حجم الزيت ويحدث ارتفاع في الضغط لذلك ، فإن أصبح الضغط داخل المحوّل أعلى من 10 psi فوق الضغط الجوي سيتم فتح البلف ويتم تصريف الهواء أو النيتروجين إلى الهواء الجوي ، وعند انخفاض درجات الحرارة ينكمش الزيت داخل التناك ويقل حجم الزيت ويحدث انخفاض في الضغط لذلك ، وإذا أصبح الضغط داخل المحوّل أقل من 10 psi يتم سحب هواء من الخارج إلى داخل المحوّل وهذا الهواء يكون به أكسوجين الذي يسبب ضرار خطيرة للمحوّل.

ويفضل في هذا النوع من المحولات أن يتم أخذ عينة من الزيت للاختبار عندما يكون الضغط داخل المحوّل في الاتجاه الموجب حتى لا يتسبب أخذ العينة في دخول الهواء الخارجي داخل المحوّل

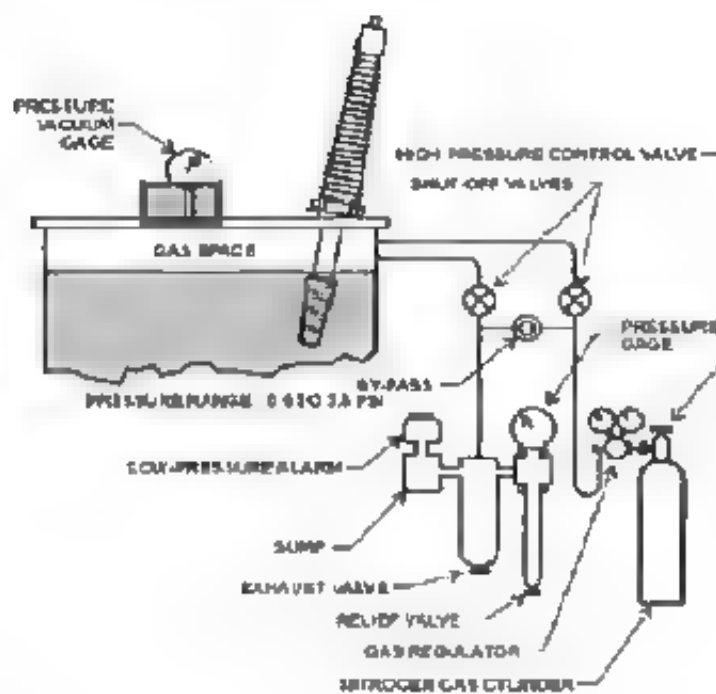


الشكل (8-١)

2- المحولات محكمة الغلق: Hermetically Sealed & Liquid Filled Transformers

في محولات يكون بها خزان رئيسي فقط وتكون محكمة الغلق وتكون مملئة بالزيت لمستوى معين مضبوط حسب تصميم المحول، و يتم وضع طبقة من عازل النيتروجين المضغوط بشكل قواع بنسبة حوالي 10% فوق الزيت في الفتك الأصلي، وتزود المنظومة في هذه الحالة بأنابيب مملوءة بالنيتروجين توضع ملحقة بالمحول لتعويض أي انخفاض في ضغط الغاز فوق الزيت فعند ارتفاع درجة الحرارة يمتدد الزيت ويؤدي حجمه فيقوم جهاز Pressure / Vacuum Bleeder Device ببيان حالة ضغط الغاز أو الفاكيوم الذي يحدث نتيجة تمدد الزيت وإكماله نتيجة التمدد في درجة الحرارة.

وعيب هذا النوع من المحولات ذات لنظام المغلق هو وجود الماء الذي يتكون نتيجة عملية تحلل كل من الزيت والعزل فيتم حجز هذا الماء داخل المحول مسبباً أضرار بالغة بالمحول.



(H-1) 35-1

الفصل الثاني

محولات القياس

عندما يتم قياس الجهد والأمبير وتشغيل أجهزة الحماية فإنه يجب من الأمان توصيل هذه الأجهزة مباشرة مع دوائر الجهد العالي ، ويتم استخدام محولات معينة تسمى محولات الأجهزة لمقصر جهد العالي والتغيرات العالية إلى قيم منخفضة ومناسبة يمكن استخدامها مع أجهزة القياس والتحكم والحماية وتقوم هذه المحولات بوظيفتين رئيسيتين ،

– التمكن من استخدام أجهزة قياس الجهد والتيار المنخفض بقياسية لقياس الجهود والتيارات العالية

2- تعص كأداة من لحماية الأجهزة والأشخاص من الجهود العالية وتنقسم الى الأنواع الآتية ،

محولات الجهد

2- محولات التيار

وتستخدم محولات الأجهزة في

1- القياس

2- التحكم

3- الحماية

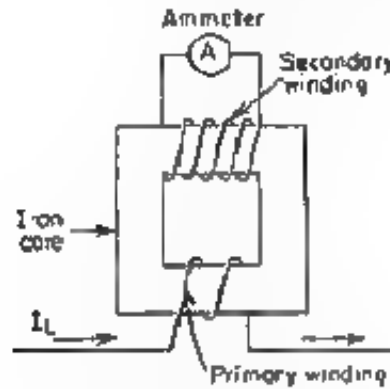
أولاً ، محول التيار

يكون محول تيار من ملف ابتدائي Primary Windings وهو الذي يوصل على التوالي مع املغذيات ويكون عدد لفاته واحدة أو بضع لفات وعملية الكهرس

مرتفعاً ليتحمل الجهد العالي الذي سوف يسلك عليه. والملف الثانوي Secondary Winding وعدد لفاته أكبر كثيراً من عدد لفات الملف الابتدائي. النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي إلى عدد لفات الملف الابتدائي تساوي النسبة بين قيمة التيار الابتدائي إلى التيار الثانوي تساوي نسبة التحويل الاسمية لمحوى الثبار K_n

$$K_n = I_p / I_s = N_s / N_p$$

الملف الابتدائي والملف الثانوي مرتبطان مغناطيسياً من خلال قلب من شرائح الصلب السيكوبي ذات الخواص المغناطيسية الجيدة ومعزولان كهربياً عن بعضهما وعن القلب الحديدي وعن الأرض وقيم عزل كل منهما تناسب مع المهد الاسمي له. ويتكون القلب الحديدي من شرائح Laminations من الصلب عندما تتجمع مع بعضها تكون قلب حديدي على شكل أسطوانة مجوفة من الداخل يتم عريبها ثم يلف عليها الملف الثانوي. ومحول الثبار يكون كبير إذا كان الجهد الابتدائي الاسمي له كبير.

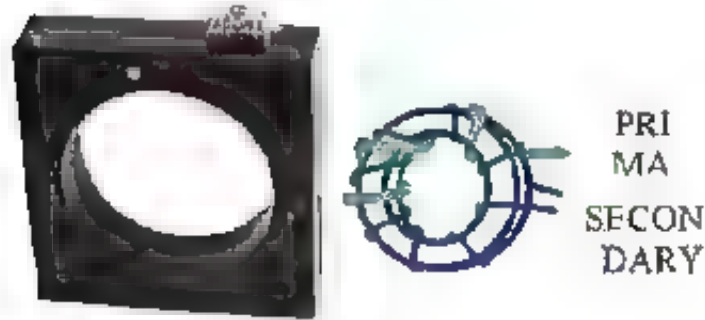


الشكل (86)

وتنقسم محولات التيار من حيث أنواع الملفات الابتدائية إلى :

1- محول ذات الملف الابتدائي الملفوف Wound Primary CT

يكون الملف الابتدائي عبارة عن موصل ذي مساحة مقطع كبيرة لتتحمل مرور تيارات المصدر بها ويلف حول القلب الحديدي مكونا عدد لفات معيناً

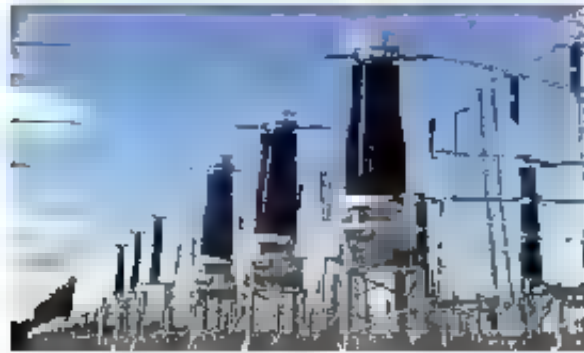


الشكل (87)

2- محول ذات ملف ابتدائي قضيب Bar Primary CT

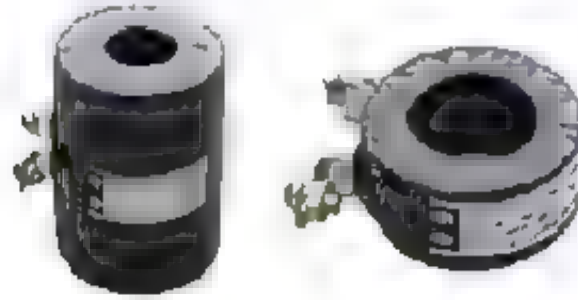
يكون الملف الابتدائي في هذا النوع من موصل على شكل قضيب ذي مساحة مقطع كبيرة لتتحمل تيارات المصدر ويوجد نوعان من هذا المحول هم

أ- محول تيار ذو ملف ابتدائي قضيبى مثبت مع القلب الحديدي وملف ثانوي مثبت مع العازل.



الشكل (88)

ب محول تيار ذو قطب حديدي أسطواني أجوف وملف ثابتي فقط، ويسمى هذا النوع محول تيار حلقي Ring Type Current Transformer وهذا النوع من محولات التيار يركب على الكابلات أو على عوازل فواطع التيار أو على عوازل محولات القدرة وفي هذه الحالة فإن الموصل الموجود داخل القلب يحمل كمفأ ابتدائي من لفة واحدة وقد يصنع القلب من صفين حتى يمكن تركيبه حول الكابلات أو المرصلات دون إعادة فكها



شكل (89)

مستوى الدقة لمحولات التيار Accuracy Class

هناك نسبة خطأ في نسبة التحريض لكل محول يتم حسابها كالتالي :
نسبة الخطأ % = ((نسبة التحريض × إختيار الدتوي) - التيار الابتدائي) /
التيار الابتدائي

$$\text{Current error \%} = \left[K_n \times I_s - I_p \right] \times 100 / I_p$$

محولات التيار التي تستخدم في قياس

يمكن تقسيم محولات التيار المستخدمة في القياس تبعاً لقيم الخطأ المسموح به إلى

$$(\text{Class 0.1} , \text{Class 0.2} , \text{Class 0.5} , \text{Class 1.0} , \text{Class 3.0} \& \text{Class 5})$$

ممثلاً يكون مكتوب على المحول CL0.5 103/5

ومعنى ذلك أن التيار الابتدائي هو 100 أمبير وانفخري 5 أمبير وأقصى نسبة

حماً عندما يكون أقصى حمل هي 5.3 أمبير ، فمثلاً إذا كان يمر في أداته أقصى حمل فإن الأميتر يقرأ إما 5.100 أمبير أو 5.99 أمبير

2 مجولات التيار التي تستخدم في الحماية

يمكن تقسيم محولات التيار المستخدمة في الحماية فيما يلي طبقاً للمعيار المذكور به في:
5P, 10P & 15P

في رقم P يدل على أن المحول يستخدم في الحماية.

فمثلاً يكون مكتوب على المحول 5 P10 100 / 5

ومعنى ذلك أن التيار الابتدائي هو 100 أمبير والثانوي 5 أمبير ومعامل الدقة عندما يصل التيار إلى 0 ، أصغاف هو +5 أو -5 أمبير
ترقيم وتسمية محولات التيار

1- الملف الابتدائي له طرفان منه فتكون البداية P1 أو H1 والنهاية P2 أو H2.

2- الملف الثانوي من الممكن أن يتكون من :

4 - ملف واحد له بداية (S1 أو X1) ونهاية (S2 أو X2).

ب- ملف واحد له بداية (S1) ووسط (S2) ونهاية (S3).

ج- ملفين بداية الأول (S1) ونهايته (S2) وبداية الثاني (S3) ونهايته (S4) وغالباً ما يستخدم الملف الأول في القياس والملف الثاني في الحماية.

فمثلاً المحول 5P10 100 / 5 5 CL0.5

ويكون S1 للقياس

ويكون S2 للحماية

ويجب العلم أن الرقم على يسار الحرف S يبين رقم الملف والرقم الذي على يمينه يبين بداية أو وسط أو نهاية الملف.

حمولة محول التيار (Burden)

هي القدرة بالمولت أمبير التي يمكن تحميلها على محور التيار بصفة دائمة على أن تقل قيمة الخطأ هي نسبة التحميل ثابتة وهي مجموع حمولات

التوصيلات وأجهزه الحماية والقياس والكنترول المتصلة بصحرف لتيار
بأصرفت أمبير

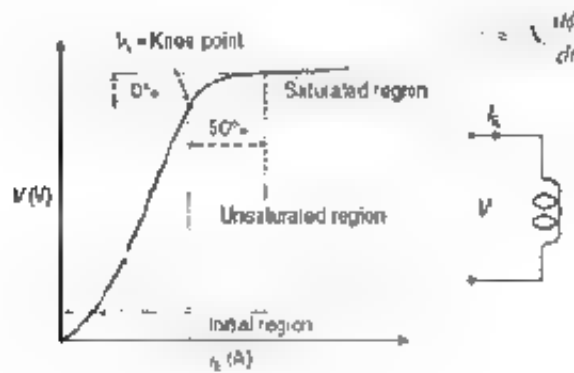
ويمكن حسابها كالآتي:

- 1- فصل لأطراف S1 & S2 عن محول التيار عند أقرب ووزنه
- 2- يتم توصيل مصدر للجهد المتردد يمكن التحكم في قيمته إلى نلغ الترهسين
المقابلة للأطراف الثانوية المتصلة بأجهزة الوقاية ويتم رفع الجهد تدريجيا
ونلاحظ قيمة للتيار حتى نصل إلى قيمة التيار الاسمي لمحول بتيار
- 3- يتم قياس الجهد الذي مرر هذا التيار.
- 4- لمحولة تساوي حاصل ضرب الجهد في التيار.

منعني التشبع لمحول التيار Saturation curve

يسم توصيل مصدر جهد متردد يمكن التحكم في قيمته إلى طرفي الملف
الثانوي S1 & S2.

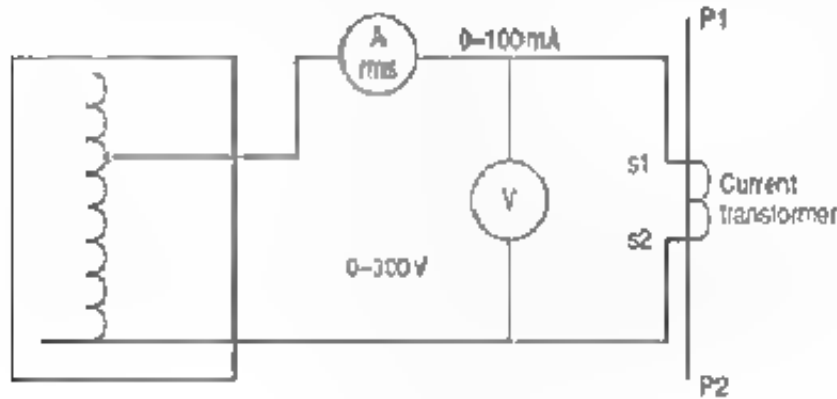
يتم رفع الجهد تدريجيا وتسمي قيم الجهد والتيار في جدول حتى نصل إلى
مرحلة انتشبع حيث يتوقف الجهد عن الارتفاع بينما يزداد التيار بمعدل مرتفع
يتم رسم لعلاقة بين الجهد والتيار كما في الرسم المرفق (الشكل ٩٠)، ويتم
من المنحني تحديد نقطة الخضوع Knee Point وهي اسطة على المنحني التي
عندها إذا ردت قيمة الجهد بمقدار ١٠% فداد قيمة التيار بمقدار ٥٠%



الشكل (٩٠)

اختيار القطبية .Polarity .est

من المعروف أنه في محور التيار كأي محور يتولد فيه تيار بالحث في الملف الابتدائي $[I_{11}, I_{12}]$ أو $[P_1, P_2]$ والملف الثانوي $[X_1, X_2]$ أو $[S_1, S_2]$ ، ولكي يعمل المحول في الدائرة بصورة سليمة فلا بد أن يكون اتجاه الفيض المتولد في الملف الابتدائي هو نفس اتجاه الفيض المتولد في الملف الثانوي، فإذا كان اتجاه التيار المتولد بالحث في الملف الابتدائي من 1 إلى 2 أو من P_1 إلى P_2 فلا بد أن يكون اتجاه التيار المتولد بالحث في الملف الثانوي من X_1 إلى X_2 أو من S_1 إلى S_2 ، وعلى هذا الأساس يتم توزيع القطبية لكل محور ولتأكد من صحة القطبية لأي محور أو يكون لدينا محول ليس له علامات تصدر القطبية وترقيم الملفات الابتدائية والثانوية يجب أن يحقق العلاقة التالية بين اتجاه التيارات في السليتين فبعد ادخال التيار لابتدائي من P_1 فإن التيار الثانوي يخرج من (S_1) .

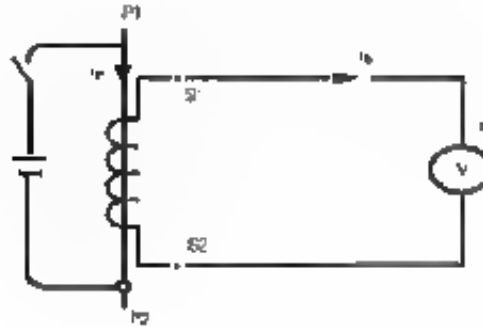


الشكل (9)

يتم التأكد من صحة توصيل أطراف محول التيار كما يأتي

الطريقة الأولى :

- 1- يتم توصيل مصدر جهد مستمر ذو جهد مناسب (6 10 فولت) إلى طرفي الملف الابتدائي من خلال مفتاح توصيل بحيث يرسل الجهد الموجب إلى P1 و الطرف السالب إلى P2 (الشكل 92).
- 2- توصيل أموميتر تيار مستمر ذي مؤشر صفر تدريجه في الوسط إلى أطراف الملف الثانوي بحيث يوصل الطرف الموجب للأفوميتر مع S1 ويوصل الطرف السالب للأفوميتر مع S2.
- 3- يتم الضغط على المفتاح ضغطة سريعة مع ملاحظة حركة مؤشر الأفوميتر فإذا كانت أمركه في اتجاه التدرج الموجب للأفوميتر كانت قطبيه محول التيار سليمة وإذا كان العكس يتم عكس الطرفين S2 & S1.



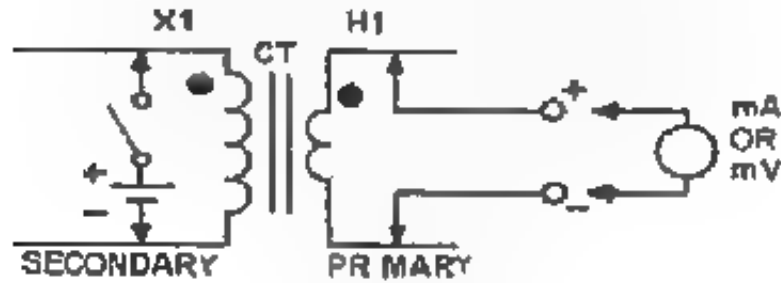
الشكل 92

الطريقة الثانية :

- 1- يتم توصيل مصدر جهد مستمر ذي جهد مناسب (6 10 فولت) إلى طرفي الملف الثانوي من خلال مفتاح توصيل بحيث يوصل الطرف الموجب مع X1 أو (S) والطرف السالب مع X2 أو (S2).
- 2- توصيل أموميتر تيار مستمر على الملف الثانوي بحيث يوصل الطرف الموجب للأفوميتر مع S1 أو P1 بحيث تكون الطرف الموجب للأفوميتر

موجه للناحية التي مكتوب عليها الحرف P1 ويوصل نظرف السالب للأوميمتر مع H2 أو P2 أي كأن التيار يمر من الطرف الموجب للأوميمتر إلى الطرف السالب).

- 3- يتم الضغط على المفتاح ضغطة سريعة وملاحظة قراءة الأوميمتر كالتالي
 - أ- تكون القطبية سميمة عند تردد القراءة (تظهر قيمًا على شاشة الأوميمتر) والمفتاح في حالة توصيل وتقل عند فصل المفتاح.
 - ب- تكون القطبية غير سليمة عندما لا يكون هناك قراءة عند توصيل المفتاح وتردد القراءة (تظهر قيمة على شاشة الأوميمتر) عند فصل المفتاح.



الشكل (93)

قصر طريق محول التيار عند عدم اتصاله بالحمص

من محول التيار تتحدد قيمة تيار الابتدائي العار في الكابل أو الخط حسب ظروف الشبكة ولا دخل للملف الثانوي، أي أن تيار الابتدائي مستقل عن ظروف المحول بما فيها ظروف دابرته الثانوية، لذلك يصمم محول التيار للعمل على فئص ممحاطيسي متغير داخل القنب الحديدية وبالتالي على جهد متغير يتناسب مع تيار العمل.

فيقوم معظم تيار الابتدائي بالتأج العيخ الممحاطيسي في قلب المحول وتنشأ قوة دافعة ممحاطيسية mmf تقوم بدفع الفيض في القنب الحديدية ثم

يقطع هذا الميكن لعات الملف الثانوي عيشاً فيه تيار ثانوي، وهذا الميكن يعوم بتوليد قوة دافعة كهربية في ملفات الثانوي ويثود تيار في الملف الثانوي ويقوم هذا التيار بتوليد قوة دافعة مغناطيسية جديدة mmf ومعاكسة لتلك الموجودة في الابتدائي، أي أن تيار الابتدائي يمثل في أغلبه تيار للمغنتنة ويقوم تيار الحرس في الملف الثانوي بانتاج بعض مغناطيسي معكس لفحص الابتدائي مما يحد من الفحص المحصل وبالتالي من الجهد على طرفي الملف الثانوي، وهي حالة فتح دائرة الثانوي لمحو تيار من تيار الثانوي يتعم ويعدم معه التأثير امصاد للفحص المغناطيسي الكبير الناتج من تيار الابتدائي ذي القيمة العالية وبالتالي يرتفع فرق الجهد بين طرفي الثانوي المفتوحين إلى مستويات كبيرة حد حسب المعادلة لتالية

$$e = L \cdot di / dt$$

حيث ،

e = الجهد المتولد بسحت بالفولت

L = معامل الحث الملف بالهنري

di / dt = معامل تغير التيار بالنسبة للزمن.

وهذا الجهد العالي قد يسبب الأتي

- 1 - مخاطره كبيره لمحول التيار أو الشخص المتعامل معه أو المعدة التي تحوي المحول أو اسعة المجاورة.
 - 2- يتأثر القلب الحديدي لمحول في هذه الحالة بالفيزية العالية جدا للفيض المغناطيسي التي قد تؤدي إلى تعرضه للتشبع
 - 3- توريد مستويات عالية من الحرارة نتيجة لتيارات اسراسية والتخلفية المغناطيسية.
- وفي حالة حدوث Short Circuit or Over Load لا يمكن فصل الخطأ من خلال فيور لأن ذلك سوف يؤدي إلى حدوث فتح في لاد ثرة الثانوية، ولكي يتم الفصل من خلال أجهزة ايوماية
- اختبار محولات التيار :

هناك عدة عوامل يتم على أساسها اختيار محول التيار منها

= قيمة التيار الابتدائي Primary Current

2- قيمة التيار الثانوي Secondary Current

1 قيمة تيار القصير التي تسبب تشبع محور التيار

أولاً ، قيمة لتيار الابتدائي Primary Current

يجب أن يكون قيمة تيار الابتدائي Primary Current محول التيار أعلى من قيمة تيار الحمل Full Load Current ، فإذا كان لدينا محور قدرته 1000 KVA وجهد الابتدائي 8.5 كيلو فولت فإن تيار الحمل الكامل يتم حسابه من المعادله التاليه

$$I_{pr} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_g}$$

هي أن تيار احمل الكامل = 87.5 أمبير

ومن الجدول التالي نجد أن القيمة المناسبة لتيار الابتدائي هي 100 أمبير

Primary service current (I_{ps})	(Primary rated current (I_{pr}))
$I_{ps} < 15 > 10$	15
$I_{ps} < 20 > 15$	20
$I_{ps} < 30 > 20$	30
$I_{ps} < 50 > 30$	50
$I_{ps} < 75 > 50$	75
$I_{ps} < 100 > 75$	100
$I_{ps} < 150 > 100$	150
$I_{ps} < 200 > 150$	200
$I_{ps} < 250 > 200$	250
$I_{ps} < 300 > 250$	300
$I_{ps} < 400 > 300$	400
$I_{ps} < 500 > 400$	500
$I_{ps} < 600 > 500$	600
$I_{ps} < 750 > 600$	750
$I_{ps} < 1000 > 750$	1000
$I_{ps} < 1250 > 1000$	1250
$I_{ps} < 1500 > 1250$	1500
$I_{ps} < 2000 > 1500$	2000
$I_{ps} < 2500 > 2000$	2500
$I_{ps} < 3000 > 2500$	3000
$I_{ps} < 3150 > 3000$	3150

2- تلياً ، قيمة التيار الثانوي Secondary Current

مناف فيه ثابتة بتيار الملف الثانوي في محولات التيار فيما أن تكون 5A أو تكون 1A ، فتصمم محولات التيار ليكون الملف الثانوي في حدود أقل من 5A أو تكون 1A عند مرور التيار الطبيعي في الدارة

3- ثالثاً ، قيمة تيار القصر التي تسبب تشيع محول التيار

عند اختيار محول التيار لابد أن يراعى أن أقصى تيار قصير يمر خلال محور التيار يصبح تيار في الجانب الثانوي لا يسبب تشيع في القلب العديدي الخاص بالمحول. وتنص المواصفات العامة أن محول التيار يحدث له تشيع إذا مر خلاله 100 أمبير فني حالة المحول السابق الذي قدرته 1000 ك. ف. أ. وجهد الابتدائي 6.6 ك. ف. ف. فإن كان جهد المعاودة يساوي 6.75% فإن تيار الحمل الكامن كما ذكرنا يساوي 87.5 أمبير، وبذلك فإن تيار القصر يمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$I_{sc} = \frac{I_r}{J_c}$$

مقياس القصر يساوي 1522 أمبير

مرد كانت قيمة التيار الثانوي هي 5 فإن نسبة تحويل محول التيار المناسبة هي 100 / 5 (لأن 100 هي أقرب قيمة قياسية أعلى من 87.5) وفي هذه الحالة فإن هذه النسبة تنتج في الوضع الطبيعي تياراً يساوي:

$$4.4 A = 87.5 \times 5 / 100$$

وهذا التيار يكون في الحدود الطبيعية (أقل من 5 A)

كما أنه تنتج عند أقصى تيار قصر تيار قيمته:

$$I_{sc} = 1522 \times 5 / 100 = 76.1 A$$

وهو أقل من 100 أمبير لذلك من تسبب تشيعاً لمحول التيار، لذلك هذه النسبة 100 / 5 تكون مناسبة.

ثانيا - محول الجهد Potentia Transformer (P.T)

يتكون محول الجهد من

1- قلب حديدي.

2- ملف ابتدائي من عدد كبير جد من اللفات

3- ملف ثانوي مكون من عدد قليل جدا من اللفات.

وفي محول الجهد دائما يكون جهد الملف الابتدائي ثابتا (600 فولت أو 11000

فولت أو...) وبالتالي يصمم للعمل على عيصر مغناطيسي ثابت

وفي محول الجهد يتم حماية الدائرة الثانوية بقيود لأنه من لطبعي مرور

تيار صغير جدا في الدائرة الثانوية لأن الأحمال هي موثميتر وأجهزة الحماية

التي تحتاج إلى قياس الجهد و بذلك فإن الدائرة الثانوية تكون تقريبا Open

Circuit، ففي حالة مرور تيار كبير في الدائرة الثانوية معنى ذلك حدوث Short

Circuit ولذلك يجب فصله ويتم ذلك من خلال القوي

والقرص من هذه المحولات هو توفير وسيلة لقياس الجهود العالية باستخدام

أجهزة قياس حساسة تستخدم مع الجهد المنخفض وكذلك تعمل مع أجهزة

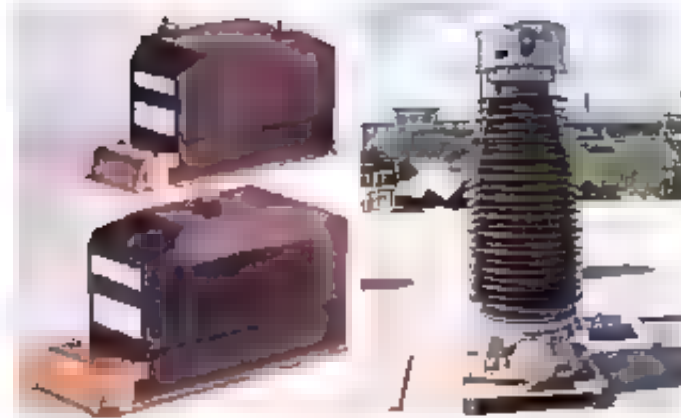
الحماية والتحكم.

يستخدم محول الجهد لخفض جهد الخط من قيمة عالية إلى قيمة صغيرة

بحيث يكون الحد الأقصى لجهد الملف الثانوي 110 فولت ومحول الجهد مصمم

بحيث يكون الملف الابتدائي متصلا على التوازي مع جهد الخط وتكون أجهزة

الحماية والقياس والتحكم مع الملف الثانوي



الشكل (9)

الختبار القطبية لمحولات الجهد Polarity Test :

لا بد أن يكرر تجدد العيّن المكون من الملف الابتدائي ($H1, H2$) أو ($P1, P2$) هو نفس اتجاه الفيض المتولد في الملف الثانوي ($X1, X2$) أو ($S1, S2$)، فإذا كان اتجاه الجهد المتولد بالحث في الملف الابتدائي من H إلى $H2$ أو من P إلى $P2$ فلا بد أن يكون اتجاه الجهد المتولد بالحث في الملف الثانوي من $X1$ إلى $X2$ أو من $S1$ إلى $S2$ وعلى هذا الأساس يتم ترقيم القطبية لكل محول، ولتأكد من صحة القطبية لأي محول أو يكون لدينا محول ليس له علامات تحدد القطبية نفترض أن لدينا محول جهد ببياناته كالمالي :

1- ملف الابتدائي $H1, H2$ والجهد الابتدائي 480 فولت،

2- ملف الثانوي $X1, X2$ والجهد الثانوي 120 فولت،

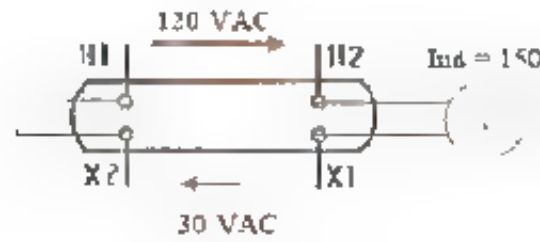
3- نسبة التحويل لهذا المحول هي $480 / 120 = 4$

ولعمل اختبار تحديد القطبية لهذا المحول تتبع الخطوات التالية :

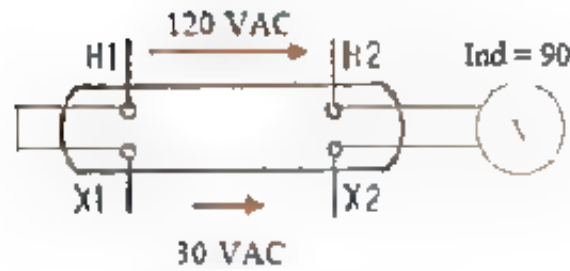
1- عمل كوبري jumper بين المصطليين $H1, X1$

2- تسليط جهد متردد 20 فولت على طرفي الملف الابتدائي

- 3- قياس الجهد على الملف الثانوي من المفروض أن يكون 4، 20، 30
- 4- قياس الجهد بين المقتطين X2، H2 فإذا كان يساوي 90 فولت فتكون القطبية معكوسة
- 5- عمل كوبري Jumper بين المقتطين H1، X2 وبكبر نفس الخطوات.
- 6- قياس الجهد بين المقتطين X1، H2 فإذا كان يساوي 150 فولت فتكون القطبية سليمة.



الحالة الأولى القطبية سليمة



الحالة الثانية القطبية معكوسة

شكل (9)

الفصل الثالث

المحولات الخاصة

هناك بعض المحولات تستخدم لأغراض خاصة، تختلف عن المحولات Power transformer من حيث المواصفات والتصميم والتركيب، ومن أهم المحولات:

1- محولات ذاتية Auto transformers .

2- محولات لتنظيم Regulating transformers .

3- محولات لتوحيد (التفويم) Rectifier transformers .

4- محولات Phase-shifting transformers .

5- لمفاعلات Reactors .

6- محولات للحام Welding transformers .

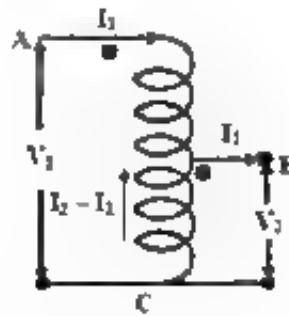
7- محولات Short-circuit testing transformers .

8- محولات Buck transformers Booster .

9- محولات Grounding transformers .

1 المحولات ذاتية Auto Transformers

المحولات الذاتية هي المحولات التي لها ملف واحد يشترك فيه الجهد الابتدائي والجهد الثانوي فيتكون اسحول في هذه الحالة من ملف واحد ويقسم هذا الملف بنسب معينة حسب الجهد المطلوب

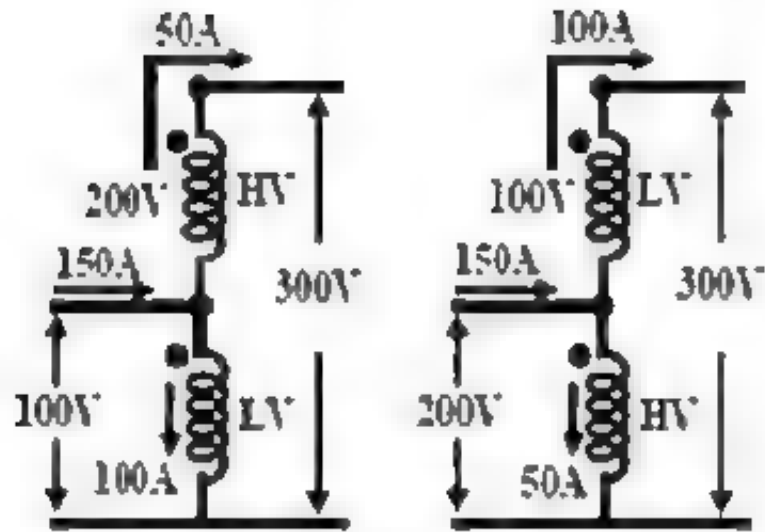


شكل (96)

علاخذا في هذا النوع من اسحوالات أن جزء من الملف الابتدائي يعبر مشتركا بين ملف بجهد عالي وملف الجهد المنخفض، ويكون تيار الابتدائي والثانوي متضادين في الجزء المشترك بينهما، لذلك تنخفض قيمة التيار في هذا الجزء وبالتالي ينخفض الفقد في الحالة في هذا الجزء مما يزيد من كفاءة اسحول. ونتيجة لانخفاض انقيار تقل مساحة مقطع السلك في هذا الجزء المشترك مما يساعد على وفر النحاس وتقليل وزن المحور

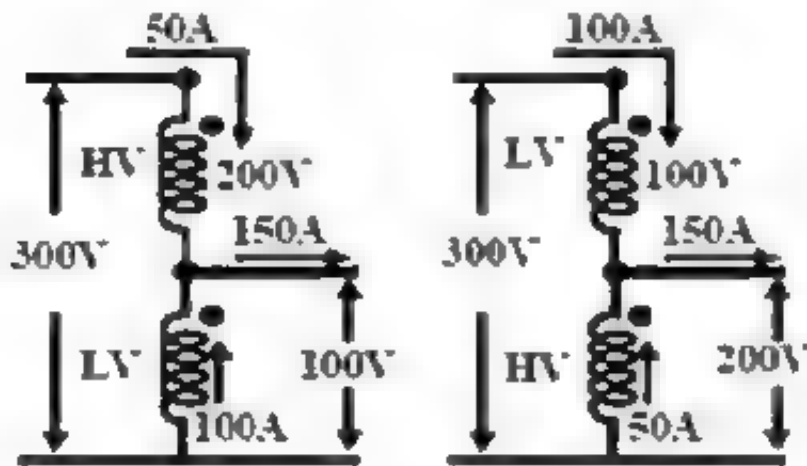
العلاقة بين المحول العادي والمحول الذاتي

نفرض أن لدينا محولا عادي جهده 100 V / 200 وقدوته 10 KVA ، بهذا يعني أن التيار الاسمي في جهة الجهد العالي سيكون 50 أمبير والتيار الاسمي في جهة الجهد المنخفض سيكون 100 أمبير فإذا تم توصيل الملتين معا كهربيا ليصبحا ملفا واحدا أي حولنا المحول العادي إلى محول ذاتي ويمكن الحصول على محور رافع إذا تم التوصيل بالطريقة التالية



الشكل (97)

ويمكن الحصول على محول خافض إذا تم التوصيل بالطريقة التالية



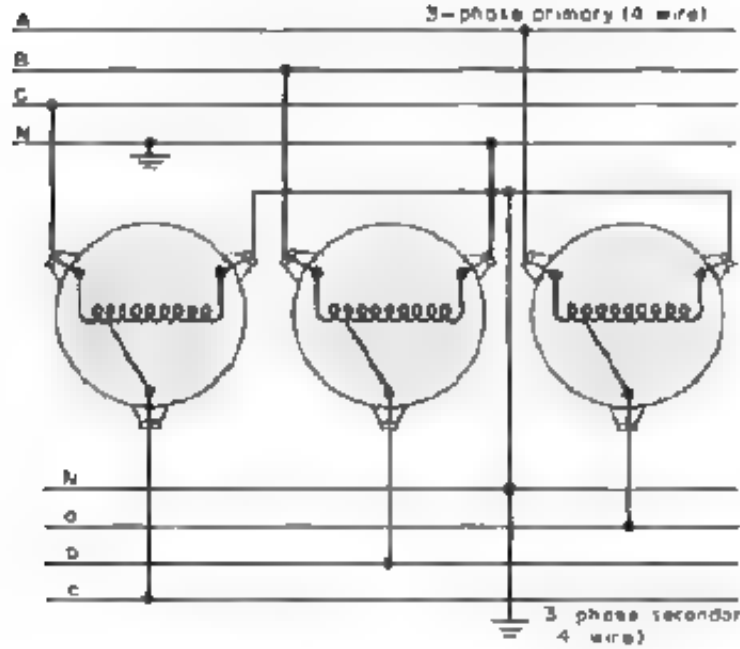
الشكل (98)

مميزات المحولات ذاتية Auto Transformers :

- جودة عالية في حدود التشغيل المسموح به
- 2- يوفر في حجم المحول وحجم النحاس المستخدم
- 3- لفائف الحاسبة قليلة قليلة جد إذا ما قورنت بالمحولات الأخرى

عيوب المحولات ذاتية Auto Transformers :

- 1- يمثل أختصارا في حالة استخدامه في دوائر الجهد العالي لأن دائرة الملف الثانوي جزء من الملف الابتدائي ذي الجهد العالي، فكل موجات الجهد العالي Overvoltage منتقل بالتوصيل إلى جانب الملف الثانوي، حيث يتعرض فيها ملفات لابتدائي عن صفات الثانوي عن طريق القلب الحديد كما في المحولات العادية التي
- 2- في حالة استخدامه بسبب تحويل مرتفعة تقل كفاءته ويصبح غير اقتصادي في التشغيل.
- 3- يربط قلب الفيض المتعرب فيه إلى انخفاض قيمة الممانعة Inductance، وبالتالي تضعف قيمة معاوقته لتتأثر القصر وهذا هو السبب في احتياج هذا النوع من المحولات لوجود ملف Reactor معه في أغلب الأحيان.
- 4- لا تستخدم المحولات الذاتية في محطات محولات التوزيع، وذلك لأن في المحول ابتدائي يكون ملف الجهد العالي وملف الجهد المنخفض متصلين معا ويشتركان في توصيلة نقطة التعادل، فإذا حدث فصل لتوصيلة نقطة التعادل لأي سبب ظهر الجهد العالي كله على أطراف الجهد المنخفض، فسوف تحدث مشاكل كبيرة جد ودمار إذ، تعرضت أجهزة وكابلات رأي مهمات مصممة للعصر على 220 فولت لجهد مقداره 6600 فولت أو 11000 فولت، لذلك لا يستخدم المحول الذاتي كمحول توزيع نهائيا، أي محولات التوزيع تكون دائما محولات ذات ملفين لأغراض الأمن والسلامة.
- 5- لا تستخدم، محولات الذاتية بعد الموت، وإنما يكون ول محول بعد المواد محولا ذا صفين، وذلك لعزل الجهود العالية التي قد تنشأ في خطوط النقل نتيجة الصواعق أو أي جهود عابرة أو أثناء الفصل والقرميل.



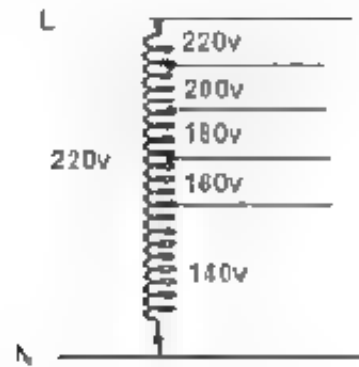
الشكل (99)

استخدامات المحولات الذاتية ،

١- محولات وجه واحد، له أكثر من خرج

ومن أمثلة المحول الذاتي أحادي لوجه وله أكثر من خرج مفتاح مروحة السقف ومحول التلاجة حيث إن محرك التلاجة مصمم على جهد تشغيل معين فإذا قل جهد المصدر عن قيمة معينة فمن الممكن أن يحترق الموتور (في حالة عدم وجود حمايات كافية) وذلك لأن عزم الدوران يتناسب مع مربع الجهد (١٧٢) فعند نقص الجهد ينسب ما عمن العزم يقل بمربع هذه النسبة ويتركز عاز الفريون ولا يستطيع المحرك كسب الغاز فيتوقف المحرك ويزيد التيار ويصم على زيادة درجة الحرارة، الزيادة في درجة الحرارة تعمل على احتراق مادة العزل فيحدث قصر بين الملفات وإذا كانت الملفات مغمبة بالحرارة تعمل على حرق الملفات مباشرة لذلك يتم استخدام المحول ذاتي حيث يكون له أكثر

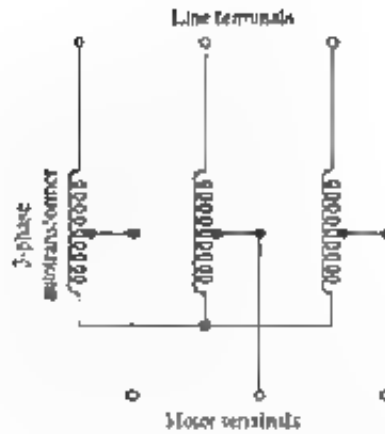
من دخل (140 فولت ، 60، فولت → 180 فولت 200 فولت - 220 فولت) وله خرج واحد 220 فولت. وعن طريق معرفة جهد المصدر يتم التوصيل على الجهد المقرب لجهد المصدر ويكون دائما الخرج ثابت وهو 220 فولت



(الشكل ١١)

2. دوائر البدء للمحركات ثلاثية الوجة

عن هذه الطريقة يتم توصيل أطراف العضو الثابت في محاور ذاتي ثلاثي الوجة بحيث يخفض الجهد لمسطر على ملفات العضو الثابت إلى قيمة تناسب مع تيار البدء المسموح به. وبعد مرور فترة البدء يتم تسليط جهد المصدر كاملاً على ملفات العضو الثابت وذلك بفصل المحاور.



الشكل (01)

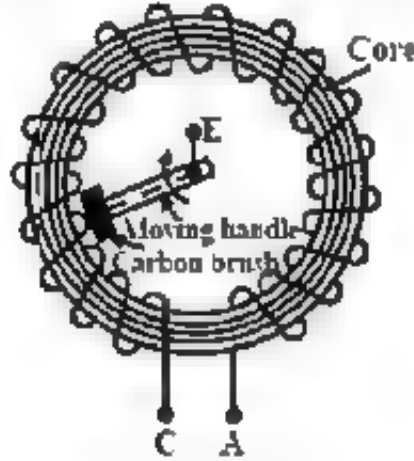
3- نقل الطاقة بين الشبكات

نستخدم المحولات الذاتية في تطبيقات الجهد العالي لنقل الطاقة بين الشبكات الرئيسية والفرعية من شبكة 500 ك.ف إلى 220 ك.ف في محطات محولات النقل حيث يتم تحويل الجهود من مستوى جهد عالٍ إلى مستوى جهد عالٍ آخر، حيث تكون نسبة التحويل Turnes ratio في هذا النوع 1 إلى 1.

2 - محولات التنظيم Regulating transformers

بعض الأحمال الإلكترونية وخصوصاً الكمبيوتر لا تعمل عند انخفاض الجهد عن قيمته الجهد الاسمي؛ لذا تستخدم محولات التنظيم في تثبيت الجهد، أي الحصول على جهد كهربائي أقرب ما يكون إلى الجهد الاسمي للشبكة Rated voltage، ويسمى هذا النوع من المحولات مثبتات الجهد Stabilizer بحيث تقوم بجعل جهد المخرج دائماً ثابتاً وذلك في حالة انخفاض الجهد نتيجة التحميل الزائد أو بعد الأحمال عن مصدر التغذية أو عدم انتظام جهد المصدر. فالمسور عبارة عن ملف معروف عدد قلب مستدير على هيئة أسطوانة ترتكز في محورها على محور ثابت بحيث تدور أسطوانة الملف حول نفسها، ويتم استخدام دائرة إلكترونية تحسب بانخفاض أو زيادة الجهد فتقوم بتشغيل محرك

يقوم بتحريك الأسطوانة عن طريق مجموعة تروس ليتم رفع أو خفض الجهد، وعند وصول الجهد إلى التيم الطبيعية تقوم الدائرة الإلكترونية بفصل المعرك.



الشكل (62)

وكذلك يتم استخدام هذا النوع من المحولات في نهاية خطوط النقل Transmission line، فهي نهاية خطوط النقل يكون جهد الاستقبال إما أكبر من جهد الإرسال (في حالة عدم التحميل) أو يكون جهد الاستقبال أقل من جهد الإرسال (في حالة الأحمال الزائدة وحسب هبوط في الجهد الناتج عن المسافات الطويلة لخطوط النقل).

للمحافظة على الجهد عند قيم ثابتة يتم استخدام هذا النوع من المحولات ويكون به ملحق لجهد على حمل On load tap changer يكون به عدد خطوات كبير لتغيير الجهد حتى يتم الوصول إلى الجهد المطلوب.

3- محولات التوحيد (التقويم) Rectifier transformers

محولات التوحيد هي المحولات التي تحتوي على الموحّدات Diodes والثايرستورات Thyristors داخل نفس الخزان في المحولات الزيتية أو تكون عبارة عن مكون واحد في المحولات الجافة، بحيث يكون خرج هذه المحولات

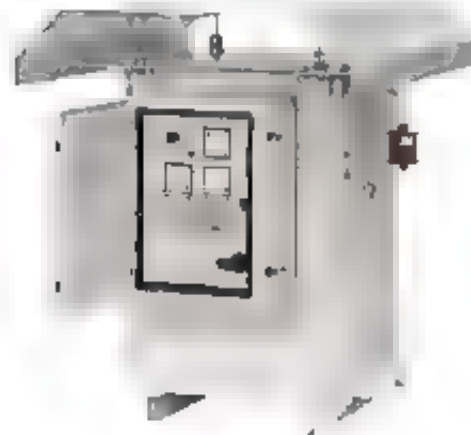
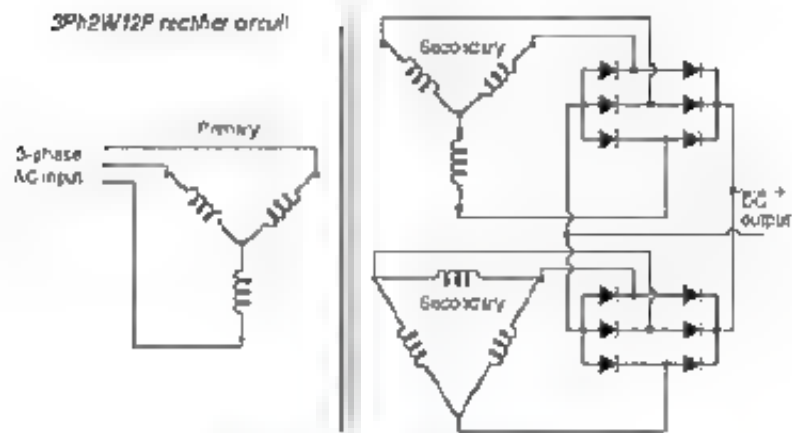
جهد مستمر Direct voltage ويتم استخدامه في الأعراض التالية

١- أنظمة الحماية الكاثودية Cathodic protection systems

٢- لأجهزة الكهربائية والإلكترونية Adapters, Amplifiers

٣- معيرات السرعة الكبيرة Large variable speed drives

٤- أنظمة التحليل الكهربى Electrolysis



الشكل (103)

4- محولات Phase shifting transformers (PST)

الفكرة الأساسية لهذه المحولات مبنية على أساس معادلة نقل القدرة بين نقطتين:

$$P = \frac{|V_s| |V_r|}{X_L} \sin \delta$$

حيث إن :

V_s : جهد لإرسال V_r : جهد الإستقبال

δ : زاوية الوجه X_L : ممانعة خط النقل

فمن طريق استخدام محول PST يتم إضافة X_{PST} لتكوين على التوالي مع X_L كما تضاعف الزاوية δ إلى الزاوية δ .

$$P = \frac{|V_s| |V_r|}{X_L + X_{PST}} \sin(\delta + \alpha)$$

ومن هذه المعادلة يمكن التحكم في القدرة المنقولة عن طريق تغيير الزاوية أو الجهد أو كليهما. فمن طرق هذا المحول يمكن التعبير الـ Turn ratio له بنسب صغيرة تكفي لعمل فرق بين جهد النقطتين بالزيادة أو بالنقصان، ومن ثم يتغير اتجاه سريان القدرة، كما يمكن تغيير الـ Phase أيضا والشكل (105) يوضح مكونات الـ PST كالتالي

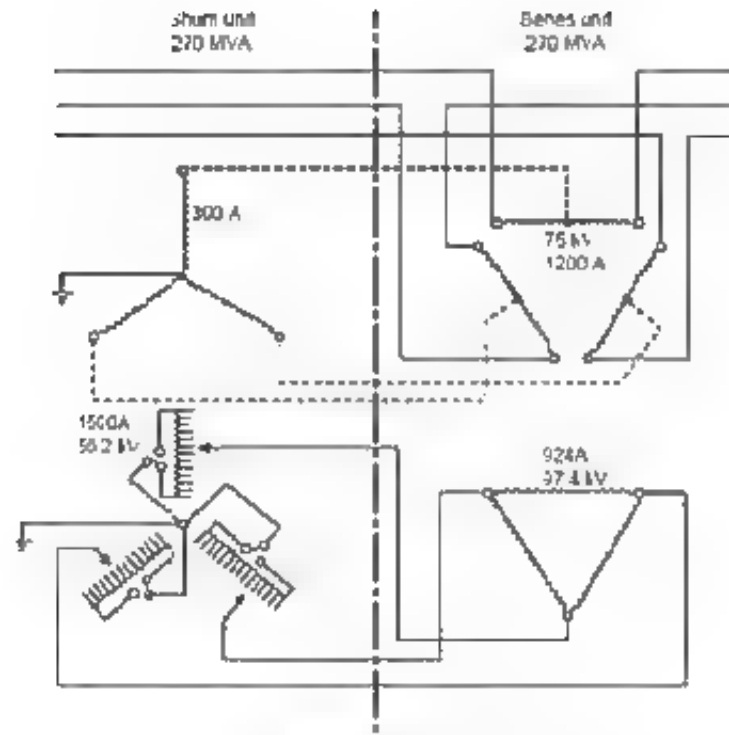
1- محول إثارة Excitation transformer ' يقوم بتعديل زاوية لرحه عن طريق إضافة

جهد متغير Variable voltage على التوالي مع خط النقل Transmission line

3- محول تعزيز Boosting transformer ' يتم إضافة ممانعة X_{PST} على التوالي مع خط النقل.

4- مجموعة مفاتيح ميكانيكية Set of mechanical switches ' حيث يتم التحكم

في مقدار الجهد عن طريق مفاتيح غير الخطوة Tap changer



الشكل (101)

لهذا النوع من المحولات استخدامات كثيرة منها :

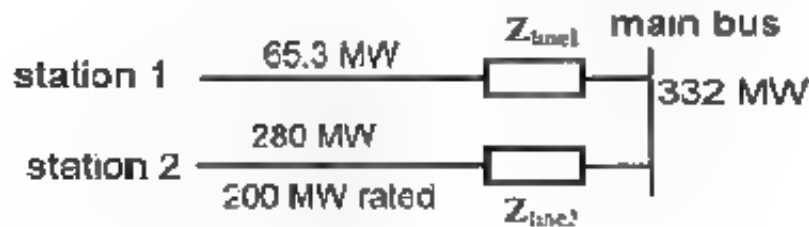
- 1- تقسيم الأحمال في الخطوط المتوازية Load sharing of parallel lines، فيجب أن يكون الخطان عند ربط محطتين معا بواسطة خطين على التوازي، فيجب أن يكون الخطان متماثلين تماما في كل شيء سواء في أطول أو في قيم المعاوقه Impedance حتى يتم توزيع التيار بينهما بالتساوي فإذا حدث اختلاف بين الخطين فإن القدرة المفقودة خلالهما تدورح بالنسبة العكسية للمعاوقة، فالخط الذي له معاوقة صغيرة سيمر به قدرة أكبر والعكس صحيح وقد يسبب ذلك حدوث زيادة في الحمل على أحد الخطوط Overloading وبالتالي نفقد ميزة النقل على خطين متوازيين.

2- عند وجود محطتين أو نظامين *Two systems* مربوطين *Coupled* عن طريق خطوط نقل *Transmission lines* طويلة ومحملة بأحمال عالية *Highly loaded* وحدث فصل لأحد الخطين فسوف يحدث فرق في الطور *Phase difference* يجعل من الصعوبة تشييد الخطين على الموازي مرة أخرى مباشرة، لذا يتم الانتظار لفترة لتحميل الخفيف *Low - load period* بحيث تكون فرق زاوية الطور أقل مما يمكن وبعد تشغيل المفصل *Less phase angle difference*، لذا يتم استخدام هذا النوع من المحولات لتعويض زاوية فرق الطور والتشغيل مباشرة.

3- عند الربط بين دولتين لهما خصائص كهربائية مختلفة لشبكتيهما، فقد نحتاج إلى التحكم في القدرة المنقولة بينهما سواء في قيمتها وفي اتجاهها
مثال لاستخدام محوّل *Phase shift transformer (PST)*

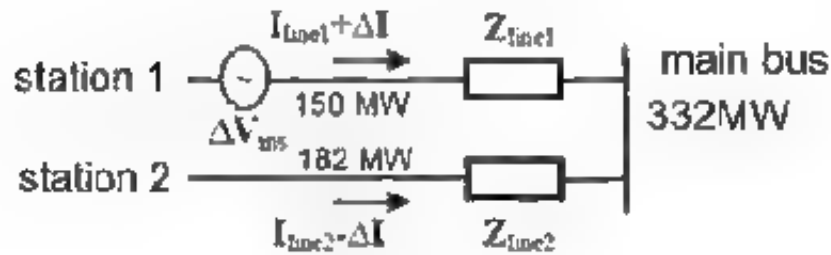
تقسيم الأحمال بين الخطوط المتوازية *Load sharing on parallel lines*

1- عند ربط محطتين معاً بواسطة خطين متوازيين بالشكل (103)، وكان هناك فرق في قيم المقاومة *Impedance* وكان مجموع القدرة المنقولة عند الموزع العمومي *Main bus* هي 332 ميجاوات.
2- القدرة المنقولة بخط الأوب 65.3 ميجاوات
3- القدرة المنقولة بخط الثاني 280 ميجاوات في حين أن القدرة المصنعة بهذا الخط هي 200 ميجاوات، بذلك فإن هذا الخط سيكون محملاً تحميلاً زائداً *Over loaded* (القدرة المنقولة خلالهما تفوق بالنسبة العكسية للمعاوقة) فالخط الذي به معاوقة صغيرة سيمر به قدرة أكبر



الشكل (103)

4- الحلأج هذه المشكلة يتم تركيب محول PST عند المحطة رقم 1 (Station #1) ومن طريق تغير ابرأوجة والمعاونة يتم زيادة القدرة المنقولة بالخط لمتصل بالمحطة رقم 2 إلى 50 ميجأوات في نفس الاتجاه، وتقل القدرة المنقولة بالخط المتصل بالمحطة رقم 2 إلى 182 ميجأوات وهي قيمة أقل من القيمة المقبلة، وبالتالي يصبح الخط غير محمض تحميلة رائداً.



اشكل (68)

٦- المفاعلات Reactors

المفاعلات يمكن اعتبارها ضمن عائلة المحولات، فهي عبارة عن ملف واحد، ملف على قلب حديدي وفي بعض الحالات تبرد الملف علات بالهواء وفي حالات أخرى تبرد بالزيت ويوجد نوعان من المفاعلات هما

- مفاعلات التوالي Series reactors وهي توصل على التوالي مع النظام Power system ويكون لها الموائد التالية

أ- الحد من تيارات القصر Limiting shortcircuit current

ب- الحد من التيار الاندفاعي Limiting inrush currents

ت- تأريض بقطة التعادل Neutra. grounding reactors

ث- الحد من التيارات العابرة limiting current surges with fluctuating loads

ج- تنعيم موجة التيار Smoothing the current waveform



ملف بوالي

الشكل (٥٢)

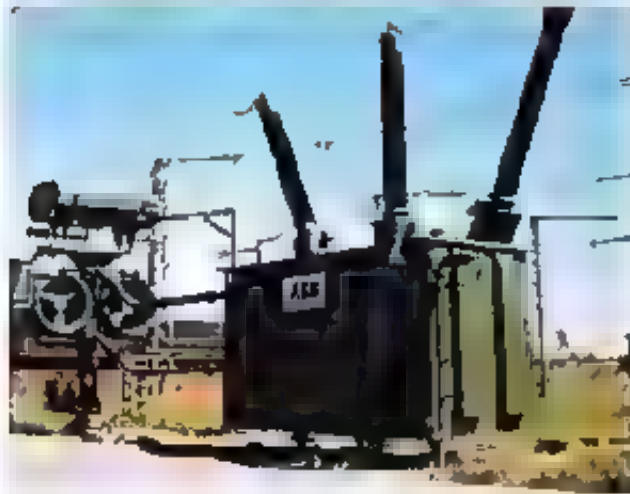
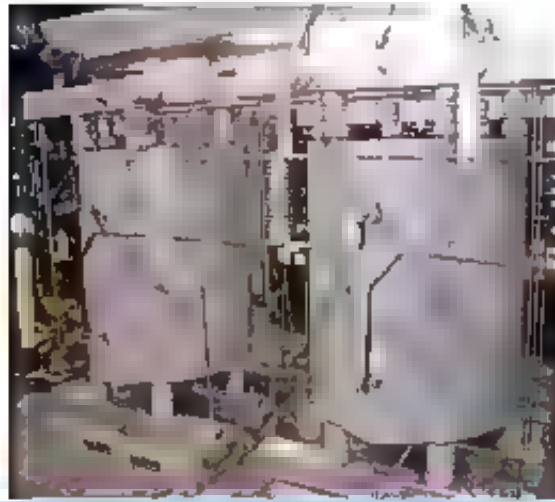
2- مفاعلات التواري Shunt reactors . وهي توصل على التواري مع النظام

Power system ويكون بها الفوائد التالية

أ- تخفيض القدرة الغير فعالة Reactive power compensation lines

على حافة الأحمال الخفيفة (light loads) أو في حالة فقدان الحمل، تكون القدرة غير الفعالة المسحوبة صغرا و قنبلة لمعالجة ولكن المكثفات بين فازات الكابن تعصى قدرة غير فعالة لا يتم استهلاكها، وهذه القدرة غير الفعالة الزائدة تعصى على زيادة جهد الخط عند نهايته، وحيث إن المعدات الكهربائية تتحمل مقدارا مقدنا من الجهد عموما ولا يمكن زيادة قيمة الجهد عن تلك القيمة المسموحة لذا يجب التغلب على هذه الظاهرة عن طريق استخدام ملفات Shunt Reactors على الفولتية مع الحط بتقنين سعوية الخط

ب- تستخدم في مرشحات التوافقي Shunt harmonic filters



الشكل (3.18) مرشح توافقي

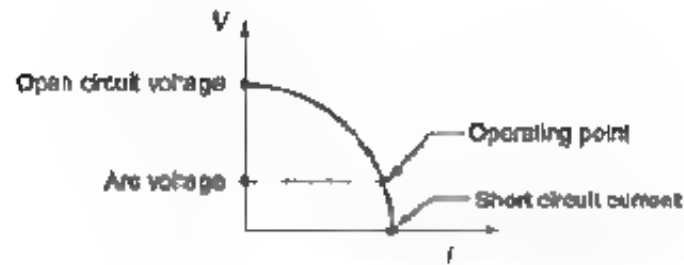
شكل المفاعل في الدوائر الكهربائية



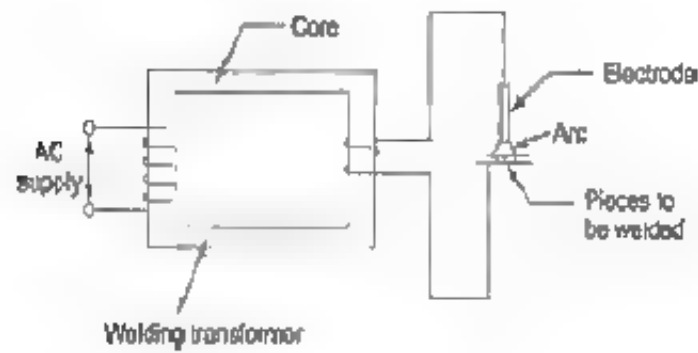
الشكل (09)

6- محولات اللحام Welding transformers

محولات اللحام تعتبر من المحولات الخاصة، فالملف الابتدائي يتكون من عدد كبير جد من الملفات ذات متصع صغير (جهد كبير وتيار صغير) والملف الثانوي يتكون من عدد قليل من الملفات ذات مقطع كبير، لأن الجهد يكون في الملف الثانوي صغيرا ويكون التيار كبيرا جدا ويكون أحد أطراف الملف الثانوي متصلا بقطب اللحام Welding electrode والطرف الثاني يكون متصلا بالمدن الذي سوف يتم اللحام فيه، بحيث يتم عمل دائرة مغلقة، وعند البدء في عملية اللحام (اتصال قطب اللحام بالمدن) فينتج الدائرة ويمر تيار عالي جدا ونتيجة لهذا التيار تتولد حرارة عالية جدا تقوم بصهر أو إذابة طرف قطب اللحام ويتم ملء العجوة بين الجراين المراد لحامهما.



Volt-ampere Characteristic of a Welding Transformer

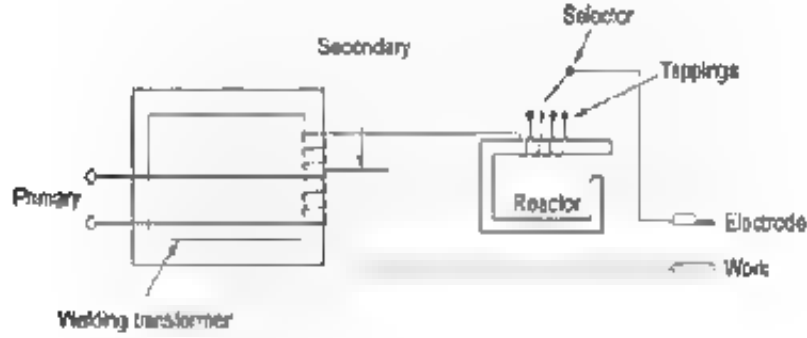


الشكل (110)

ولكي يتم التحكم في القوس الكهربى Arc المستخدم في اللحام يتم استخدام أنواع متعددة من لمفاعلات Reactors يتم توصيلها مع الملف الثانوي لمحو اللحام منها

1. المتفاعل ذو الخطوة Tapped Reactors

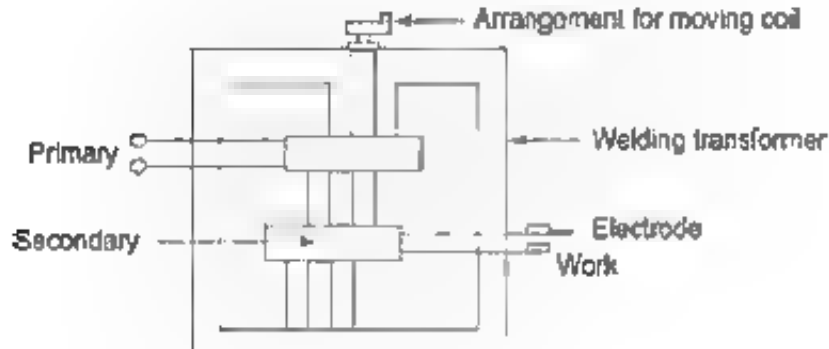
في هذا النوع يتم التحكم في تيار الخرج عن طريق تغيير خطوات المتفاعل كما في الشكل التالي



الشكل (111)

2. المتفاعل ذو الملف المتحرك Moving Coil Reactor

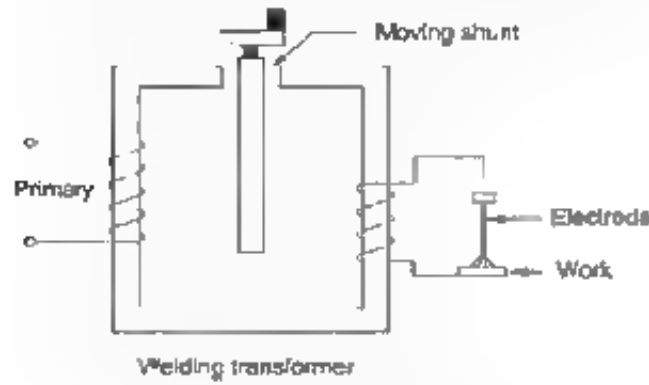
في هذا النوع يتم التحكم في تيار الخرج عن طريق التحكم في المسافة بين الملف الابتدائي والملف الثانوي عن طريق تحريك ملف كالمفاعل بين صفي المحول، فيكون التيار صغيرا عندما تكون المسافة بين الملف الابتدائي والملف الثانوي كبيرة كما في الشكل التالي .



الشكل (112)

3- معامس التوازي المتحرك Moving Shunt Reactor

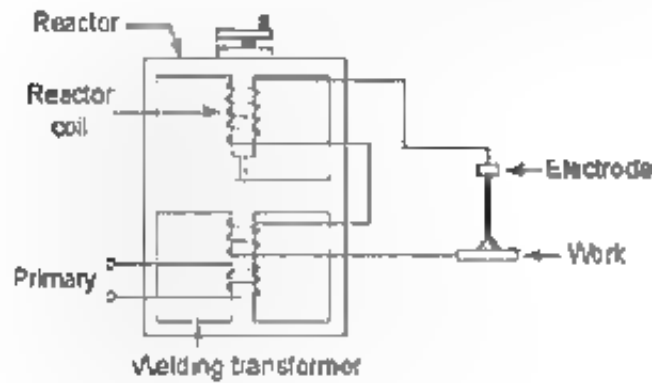
في هذا النوع يتم التحكم في تيار الفرع عن طريق لتحكم في ضبط مركز المغناطيسية Central Magnetic عن طريق تحريك لمفاعل وهذا بدوره يلوم بضبط الفيض وبالتالي يتم التحكم في التيار



اسكل (13)

4- معامس متغير باستمرار Continuously Variable Reactor

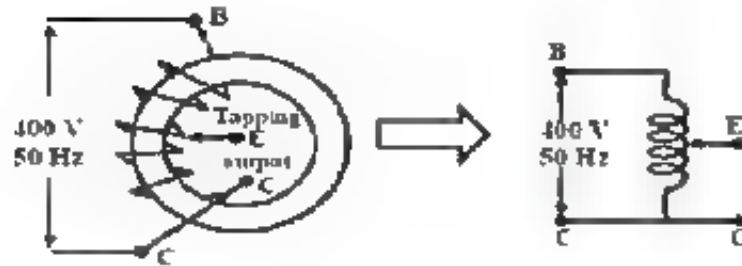
في هذا النوع يكون المفاعل متغيرا باستمرار، فعند -هون المفاعل لمسافة كبيرة تزيد اممانعة Reactance ويقل التيار



اسكل (14)

14 محولات Short circuit testing transformers

وهو يعتبر من المحولات الذاتية، فالمحول عبارة عن ملف ملفوف حول قلب مستدير على هيئة أسطوانة، مثبت عليها موصل متحرك Sliding contact يدور حول الأسطوانة ويلامس الملفات عن طريق فرش كربونية ليغطي فيما مختلفة للجهد ويسمى عاريك Varinc.



(شكل 15)

فلو فرضنا أن الملف BC عدد لفاته 200 لفة، منعوف حول قلب حديدي وعليه جهد قدره 400 فولت، فإن جهد اللفة يساوي 2 فولت لكل لفة، فلو أخذنا Tap من أي نقطة فإن جهد هذه النقطة سيتناسب مع عدد اللغات فتوكلت لنقطة E في منتصف الملف فسيكون جهدها يساوي 200 فولت.

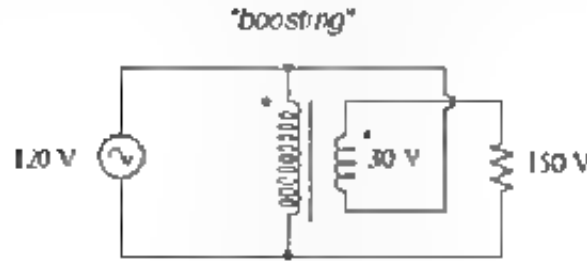


(شكل 16)

٢- محولات التعرير والاختزال Boost – Buck transformers

١- محولات التعرير «Boosting transformers»

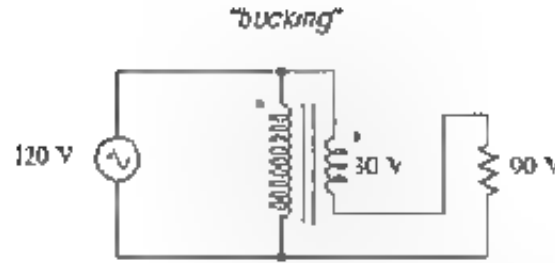
نعرف دوائر البوستر بأنها معزّلات للجهد، أي أنها تقوم بعمل زيادة للجهد، فهو عبارة عن ملف يتصل بدايته مع نهاية الملف الأصلي بحيث ينفصل كلا الملفين على نفس القلب الحديدي، فعندما يمر التيار في الملف الثانوي يخزن الجهد حسب عدد لفاته، ثم يقوم الملف الثانوي بتعريض الجهد المراد بملف الابتدائي عن طريق إفراغ الجهد الموجود به بحيث إن الملف الثانوي مغرب في نفس اتجاه الملف الابتدائي فإن قيمة الجهد تضاف لقيمة الجهد الموجود بالملف الابتدائي.



(شكل ١7)

٢- محولات الاختزال Buck transformers

نعرف دوائر الاختزال بأنها تخفّض الجهد، فهو عبارة عن ملف يتصل بمهبط مع نهاية الملف الأصلي بحيث ينفصل كلا الملفين على نفس القلب الحديدي، فعندما يمر التيار في الملف الثانوي يخزن الجهد حسب عدد لفاته، ثم يقوم الملف الثانوي بتخفيض الجهد المراد بالملف الابتدائي عن طريق إفراغ الجهد الموجود به بحيث إن الملف الثانوي مغرب في عكس اتجاه الملف الابتدائي فإن قيمة الجهد تطرح من قيمة الجهد الموجود بالملف الابتدائي.



الشكل (18) .

16- محولات التآريض Grounding Transformers

تعتبر أعطال القصر الأرضي Ground or Earth fault في الشبكات الكهربائية من الأعطال غير متكررة أو غير متماثلة Unbalanced or Unsymmetrical faults. ويمكن تحليل مركبات التيار غير المتزنة إلى ثلاثة نظم متزنة، وهذه النظم المتزنة عبوره عن

- 1- مركبة التساقب الموجب Positive sequence components
- 2- مركبة التساقب السالب Negative sequence components
- 3- مركبة التساقب الصفري Zero sequence components

عندما تكون الأحمال متصلة على شكل دلتا، فإن تيار القصر الأرضي لا يجد مسار لعودته وبالتالي يمر داخل توصيلة الدلتا في مسار مغلق ولا يحتوي على مركبة صفرية عند تحليله، أي أنه إذا لم يوجد مسار مع الأرض لعودة التيار فإن تحليل المركبات يكون عبارة عن مركبة سالبة ومركبة موجبة فقط، ممثلاً تكون المحولات في محطات محولات النقل متصلة بطريقة نجمة معزولة أي غير مؤرضة وفي نظم النقل الفرعية تكون متصلة دلتا ورفع معاوقة لتتابع الصفري معي حالة الأخطاء الأرضية تعتبر هذه الأنظمة أنظمة معزولة Isolated system ولا يوجد فيها مسار لرجوع تيار العطل لأرضي لذلك لا يعرف أصلها لذلك يحدث ارتفاع للجهد على الفازين الآخرين Two phases بنسبة 173% ولعلاج هذه المشكلة يتم تأريض مثل هذه النظم باستخدام محولات التآريض

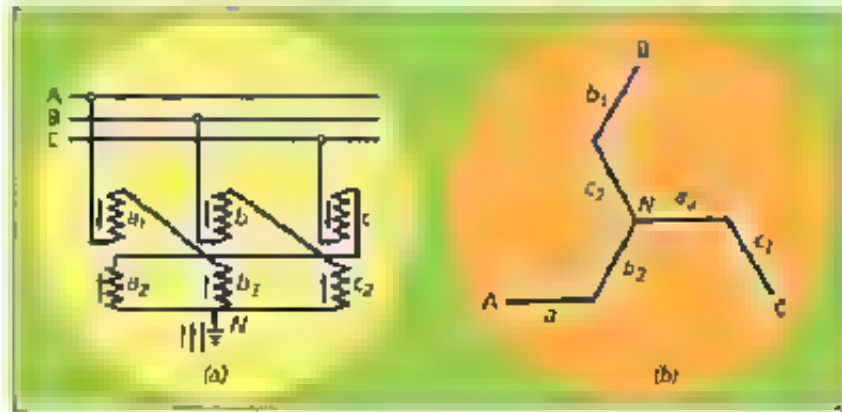
Earthing transformers ووظيفة هذه المحولات هي تخييق نقطة تأريض الحد من تيارات انصراف الأرضية إلى قيمة التيار المقتن لغمد التعامل وتستخدم للتأريض فقط أي لا يتم تحميلها بأي حمل، ولذلك فهي صغيرة الحجم، وهناك نوعان من محولات التأريض هما

١- محول الزحزاج

٢- محول سار - دالت

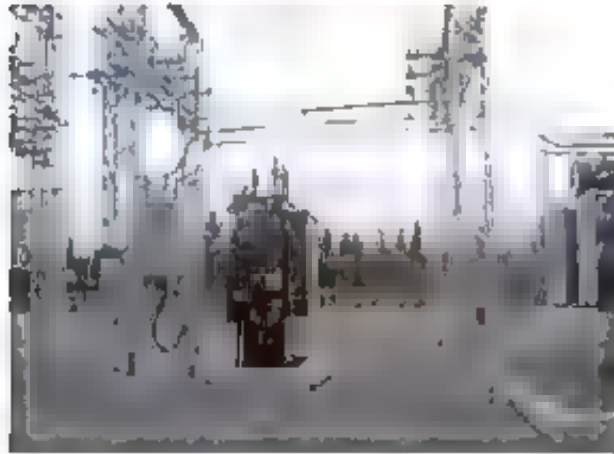
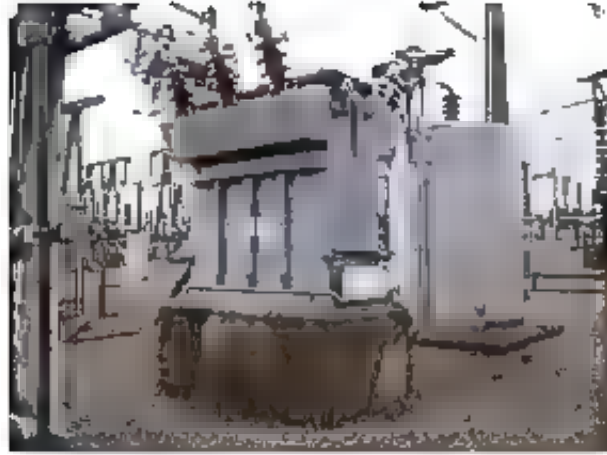
أولاً - محول الزحزاج

في بعض الأحيان يكون محول الزحزاج له ملف واحد فقط أي لا يتم تقسيمه إلى ملف ابتدائي وملف ثانوي، ويتم تحديد ملعنات أرقدرات هذه المحولات للتحميل مرور التيار بها لمدة لا تزيد على خمس دقائق حيث يجب أن تعص اجهزة الحماية قبل ذلك بكثير ويتم توصيل هذه المحولات بأرضي المحطة



المكل (١١٩)

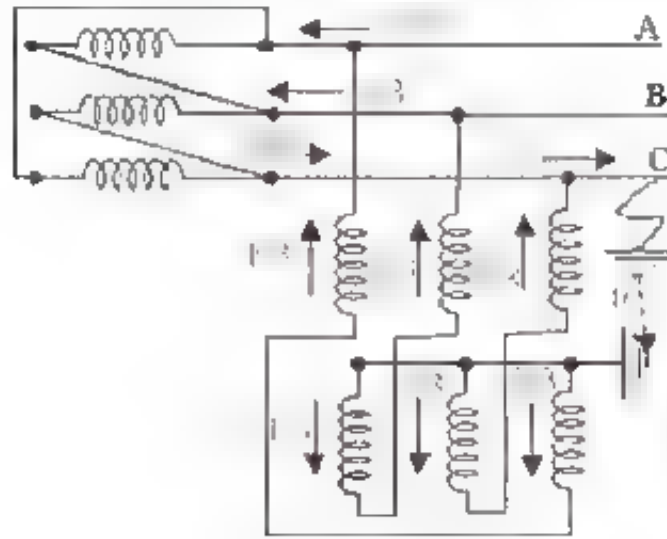
محول الزحزاج يشبه في تركيبه محول ثلاثي الأوجه من النوع ذي القلب الحديدي، ولكنه يحوي على ملف واحد على كل رجل من أرجل القلب وينقسم الملف إلى جزأين وهو متصل داخليا، ويكون عادة مقمورا في الزيت كما في الشكل التالي:



الشكل (20)

والسبب الرئيسي لاستخدام محولات الرجزاج هي محولات الباريص هو أنه في حالة حدوث عطل أرضي في أحد الأسلاك المقننة للمحول فإنه وبسبب أسلوب ربط المحول سيتوزع تيار العطل بالتساوي على الملفات الثلاثة للمحول، بحيث أن كل رجل من أرجل المحوّل الثلاثة تحتوي على حرتين من ملغين مختلفين، والعرض المتولد من التيار اتيار في الجزء الأول يعاكس التيار اتيار في الجزء الثاني، وبهذا

سيوفر الربط المتداخل للملفات المحول مما يسهل صغرى لمرور تيار العطل للأرضي لأحد الأطوار وهو المطلوب من محول التأريض، مع عدم حدوث عتاً أرضي على الفار C وكان تيار الخطأ I_f فيتم تقسيم تيار الخطأ في محول الرجراج كما في الشكل المبني، حيث يتم تقسيم تيار العطل إلى ثلاثة أحزانه كل حظه يساوي $I_f/3$



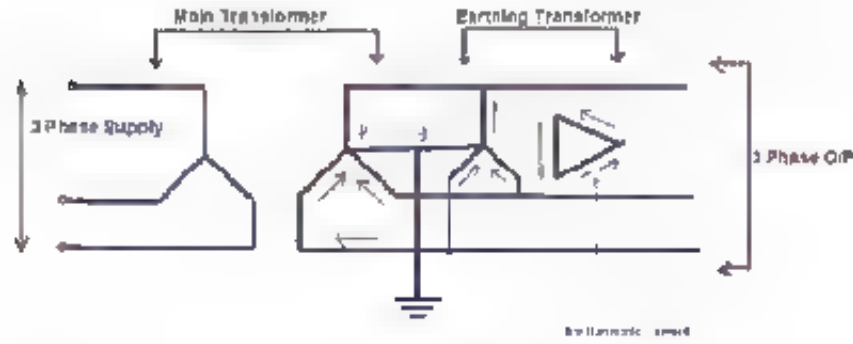
الشكل (21)

وبفضل استخدام محول الرجراج في محولات التآريض بدلاً من استخدام محولات لها ربط ستار حيث يمكن الحصول على نقطة التعادل في ربط ستار ولكن يفضل الرجراج، لأن هذا المحول لا يتأثر بعدم توازن الاحمال على الفارات بعكس محول سبدر الذي يتأثر فكما يكونا عند حدوث تحميل غير متوازن على المحول الموصل ستار فإن الجهد عند الحمل سيبكون غير متوازن وتصبح نقطة التعادل غير مستقرة إلا إذا تم توصيل نقطة التعادل (N) لفافة بالحمس بنقطة التعادل الخاصة بالمف انشاقري.

ثانياً، محول ستار دلتا

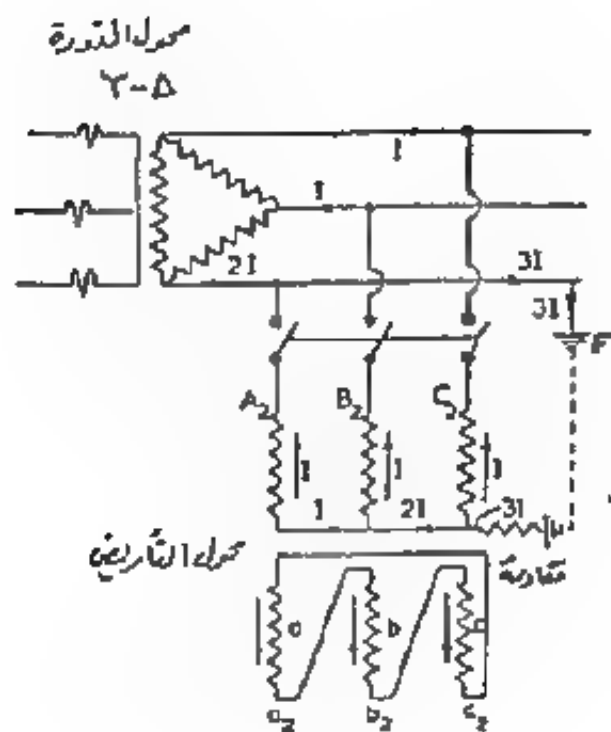
هذا المحول عبارة عن محول ثلاثي الأوجه ذي قلب حديدي، يحتوي على ملفين أحدهما ستار والملف الثاني يكون دلتا، يوصل الملف الابتدائي لموصل ستار على أطراف المحول المراد بأرضية، والملف الثانوي دلتا فإذ يوصل دلتا مغلقة

في الحالة العادية يكون اعتبار المار في اسلف الابتدائي لمحول التأسيس عبارة عن تيار المغنطة، ولكن في حالة حدوث قصر أرضي فإن الدلتا المغلقة في محول التأسيس تعمل على توزيع تيار القصر على الأوجه الثلاثة للملف الابتدائي بمحول التأسيس.



الشكل (22)

وإذا كانت قيمة ممانعة محول التأسيس غير مناسبة لتخميص حدود تيار القصر الأرضي للشبكة الكهربائية فإنه يمكن إضافة مقاومة مناسبة مع محول التأسيس لتخميص حدود تيار القصر الأرضي. وفي هذه الحالة يمكن أن توضع هذه المقاومة إما بين نقطة تجميع محول التأسيس ولأرض، أو بين أطراف محول التأسيس والخط



الباب الثالث

لحسابات الكهربية للمحولات

الفصل الأول

خصائص المحولات

بعض الخصائص من المحولات :

1- لقدرة الكهربائية للمحول Transformer Rated Power

تقاس بقدرة في المحولات الكهربائية بالفولت أمبير (فأ) وذلك لسببين رئيس هما

- الخسائر النحاسية Copper Losses تعتمد على التيار فقط والخسائر الحديدية iron Losses تعتمد على الجهد فقط، أي أن الخسائر الكلية تعتمد فقط على الجهد والتيار ولا تعتمد على الزاوية بينهما، لذلك يتم قياس قدرة المحول بالفولت أمبير

2- التيار المسحوب من المحول يكون له معامل قدرة Power factor تتراوح قيمته من (0.8 - 1) حسب طبيعة الحمل المتصل به وبالتالي يصبح غير مناسب أن تقاس قدرة المحول بالوات لأنهما ستكون قيمه متغيرة حسب الحمل ولكن نحسب بالفولت أمبير

وبقدرة الفعالة بالوات يمكن حسابها من المعادلة الآتية

$$P = \sqrt{3} V \times I \times \cos \phi$$

حيث أن :

P = لقدرة بالوات V = جهد بالفولت

I = التيار بالأمبير $\cos \phi$ = معامل القدرة

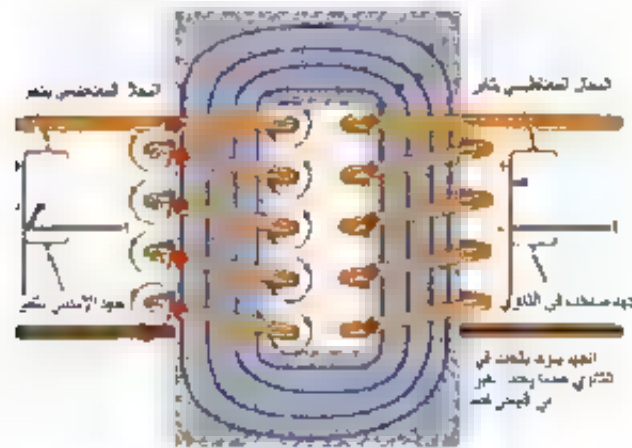
هذه كان الجهد 380 فولت وكان الحمل بسحب تيارا مقداره 950 أمبير عند معامل قدرة 0.8 فإن القدرة في هذه الحالة تساوي حوالي 500 كيلووات. وبالتالي سوف يتم تصميم المحور على هذه القدرة ويقال إن قدرة المحور 500 كيلووات، وحيث إن معامس القدرة يختلف من حمل إلى آخر، مثلاً وضعت أحمال على المحور معامس انقدرة لها 0.4 وحيث إن أحمال ثابتة من التيار سوف يصبح 1900 أمبير، هذا التيار الكبير من الممكن أن يؤدي إلى حرق المحور (المصمم على تيار مقداره 950 أمبير)، فقبل وضع المحور في الخدمة وتعميمه، فإن نوع الحمل غير معروف، وبالتالي معامل القدرة لهذا الحمل (Power Factor) غير معروف أيضاً. فإذا تم حساب لقدرته بالكيلووات فإنه عند نفس الجهد إذا تم تفعيل معامس القدرة إلى النصف فإن التيار سيتضاعف عن التيار المقنن مما قد يؤدي إلى احتراق المحور، لذلك تستخدم القدرة الظاهرية في حساب قدرة المحور حتى لا يتم تحميل المحور قدرة لا يستطيع حملها.

2- المحور لا يعمل بالتيار المستمر

نعلم جميعاً أن نظرية عمل المحور تنبئ على نظرية الحث لكهرومغناطيسي، كما أوضحنا سابقاً، وهناك شروط لتوليد القوة الدافعة الحثية Induced Electromotive Force (مفهومها)

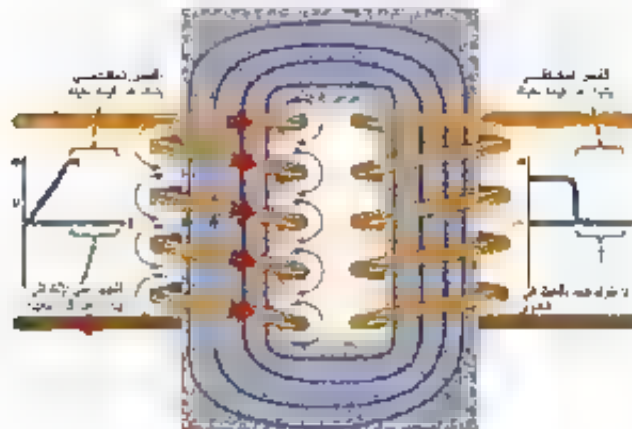
- 1- مجال مغناطيسي متحرك، حيث يشأ عنه مرور خطوط الفيض ذات قوة متغيرة بالقلب الحديدي للمحور، فتقطع هذه الخطوط سفات الثاثوي وبالتالي يشأ في ملفات الثاثوي جهد كهربي. حيث يتسبب المجال المغناطيسي المتغير في تحريك الشحنات في الملف الثاثوي
 - 2- موصل كهربي وهذا الموصل غالباً ما يكون من مادة النحاس.
 - 3- دائرة مغلقة لكي يمر التيار خلالها
- وحيث إن التيار المستمر يولد مجال مغناطيسي ثابت، شدة والاتجاه! أي أنه لا يحدث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يقطع الملف الثاثوي فلا يتولد فيه قوة دافعة كهربية مستحثة وبالتالي لا يعمل المحور بالتيار المستمر.

عند تم تسليط جهد مستمر على المحول، نعي اللحظة التي يتم فيها غلق مفتاح تغذية المحول سبرتفع الجهد من صفر إلى قيمة معينة، ونتيجة لهذا التغير ينتج جهد بالحث في الملف الثانوي كما في الشكل (124)



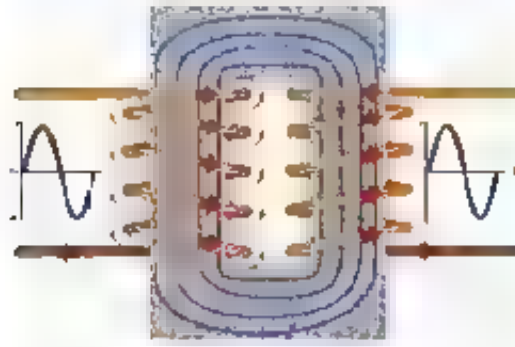
الشكل (124)

ولكن بعد هذه اللحظة سوف يثبت الجهد عند هذه القيمة المعينة، وبالتالي سوف لا يحدث تغير في الجهد، وبالتالي لا يتولد بالحث جهد في الثانوي



الشكل (125)

لذلك لابد من استخدام جهد متردد في الملف الابتدائي لكي يتم الحصول على جهد متردد في الملف الثانوي.



(شكل 26)

2- الضوضاء في المحول Transformer Noise

يحدث صوت الزمة Hum أو اضطواء في المحول نتيجة للآتي

1- قلب الحديدي Iron Core

2- الملفات Winding

3- معدات التبريد Cooling Equipment

أو لا الصوضاء الناتجة عن القلب الحديدي ،

يحدث الاهتزاز في القلب الحديدي لسببين هما :

أ- ظاهرة التخصر المغناطيسي : (Magnetostriction) حيث أن المواد المصنوع

مخها شرائح القلب الحديدي هي مواد مغناطيسية، ففي البداية قبل تشغيل

المحول تكون جزيئات المادة موزعة بترتيب عشوائي وعند تسليط تيار

متردد عليها من المحال المغناطيسي المتولد يعمل على استطاف

جزيئات هذه المادة تدريجيا خلال القلب الحديدي، هذا الاستطاف بعض

على حدوث تمدد Expansion في طول شرائح القلب الحديدي بحيث يزيد

طول الشريحة بعض الميكرونات (والميكرون 1 / 1000000 من المتر) وعند

عوده الجريبات إلى الحالة العشوائية يحدث انكماش Contraction في طول الشرائح، وبالرغم من أن التغير في طول الشرائح قليل جدا ويقاس بأجزاء المليون من طول الشريحة فإنه هو السبب الرئيسي للضغط في العمود.

ب- القوى المغناطيسية Magnetic Force . والتي تنشأ بين الشرائح وخصوصا في نقاط التقاء الشرائح الحديدية مع بعضها فتنتيجة لتمرر شرائح القلب الحديدي للفيض يحدث لها تجاذب وتنافر حسب موجة التيار المتردد، هذا التجاذب والتنافر يسبب اهتزاز في القلب الحديدي ويتم تقنين تأثير هذا الصوت ببناء الشرائح بالدخول مع بعضها، ومن الملاحظ أن الصوت يكون عاليا في حالة اللاحمل ويكون منخفضا عند تحميل المحمل.

ثانياً، الضوضاء الناتجة من الملفات،

عندما يكون المحول يعرض بدون حمل أي أن دائرة الملف الثانوي مفتوحة، ولا يمر به تيار فلا يولد قوة دافعة مغناطيسية max وعند تحميل المحول يظهر في ملفات الثانوي، تقاوم نمو القوة الدافعة المغناطيسية لأهلية في الملف الابتدائي، هاتان القوتان تظهر بينهما قوة تنافر تعمل على اهتزاز الملفات.

ثالثاً، الضوضاء الناتجة عن معدات التبريد،

مراوح التبريد والضاغطات المستخدمة في المحولات الكبيرة تكون مصدرا من مصادر للضوضاء. في المصانع الصوت العالي في المحولات يخفي نتيجة الأصوات العالية المحيطة، أما في المستشفيات والمدارس والمكاتب والمساكن لابد أن يكون الصوت منخفضا، ولجدول التالي يبين مستوى لضجيج المسموح

به بالديسيبل (decibels dB)

المكان	مستوى الصوت بالديسيبل
المساكن	30 - 45
مشاريع الترفيه والتجارية	45 - 65
المكاتب التي ليس بها مكيفات	45 - 70
المكاتب التي بها مكيفات	50 - 75
المصانع	75 - 95

والجدول التالي يوضح مستوى الصوت المسموح به لكل محول حسب قدرته

مستوى الصوت بالديسيبل	القدرة في أمبير فولت أمبير
40	10 - 50
45	51 - 150
50	151 - 300
55	301 - 500

4- ظاهرة الهبوط في الجهد Voltage Drop

عندما تكون مراكز الأحمال بعيدة عن المحول ، فسوف يؤدي ذلك إلى هبوط في جهد داخل الكابلات ، وبذلك لا تعمل الأحمال بصورة مرضية
فبدلاً من ذلك لدينا محول خضص من 6600 / 400 فولت ، وحيث إن من خواص المحول $V1 / N1 = V2 / N2$

أي أن نصيب الفعة من الجهد متساو في ملفات الابتدائي والثانوي فإذا كان على سبيل المثال عدد لفات الملف الابتدائي 3300 لفة وعدد لفات الملف الثانوي 200 لفة فإن جهد الفعة يساوي 6600 / 3300 = 2 فولت وبالتالي يكون الجهد على الملف الثانوي = $2 \times 200 = 400$ فولت

فإذا حدث هبوط للجهد فأصبح الجهد مثلاً عند المحول 6200 فولت بدلاً من 6600 فولت وبالتالي يصبح جهد الفعة يساوي $6200 / 3300 = 1.88$

ويصبح الجهد على الملف الثانوي يساوي $1.88 \times 200 = 376$ فولت في حالة الالاحمل ، وعند التحميل يقل الجهد صورة كبيرة.

التقلب على ظاهرة الهبوط في الجهد،

لاحظنا أنه عند حدوث هبوط للجهد فإن جهد اللعة في الملف الابتدائي يقل، وبالتالي يقل جهد اللفة في الملف الثانوي، ولكن النتيجة هي انخفاض جهد الملف الثانوي

مما سبق يتبين أنه سقلب على ظاهرة الهبوط في جهد لاد من المحافظة على ثبوت جهد اللفة

وحيث أن جهد اللفة يتأثر بمعاملين :

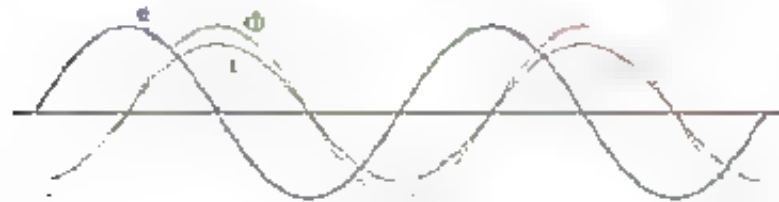
- 1- الجهد على الملف الابتدائي وهو يتغير حسب ظاهرة الهبوط في جهد
- 2- عدد اللفات وهو ثابت.

إذا لتبوت جهد اللفة لابد من تغير عدد اللفات مع تغير الجهد فإذا زاد الجهد يتم زيادة عدد اللفات وعند الهبوط في الجهد يتم تقليل عدد اللفات وهذه العملية تسمى عن طريق مغير الخطورة أو مغير الجهد Tap Changer

5 التيار الاندفاعي للمحول inrush current

في حالة استئغيل اعادية للمحول، فإن موجة الجهد نسبو موجة التيار براوية مقدارها (قريبة من 90 درجة) لأن ملفات المحول لا تكون ملعدت مثالية لأن مادة النحاس المصنوع منها الملفات تكون لها مقاومة مادية قليلة)، وحيث إن الفيض المغناطيسي Magnetic flux يتناسب مع لقوة لدافعة المغناطيسية Magnetomotive force في القلب الحديدي وهذه القوة الدافعة المغناطيسية تتناسب مع استئيار المار في الملفات، لذلك فإن موجة التيار تكون في نفس الوجه (in phase) مع موجة الفيض المغناطيسي، انظر الشكل (27)، ففي لوقت الذي تكون فيه موجة التيار تساوي صفر فإن موجة الفيض المغناطيسي تساوي الصفر، وتكون موجة الجهد قيمة عظمى موجبة أو سالبة.

e = voltage Φ = magnetic flux i = coil current



الشكل (1.27)

قبل تم فصل المحول وعادة تشغيله مرة أخرى فإنه يظهر في بعض الأحيان تيار عار جدا يسمى التيار الاندفاعي وهذا التيار يظهر عند تشغيل المحول بعد فصل وسوف يتم دراسة تأثير هذا التيار في الحالات الآتية

- 1- فصل وتوصيل المحول الذي يعمل بدون حمل
- 2- فصل وتوصيل المحول الذي يعمل بحمل.

أولا فصل وتوصيل المحول الذي يعمل بدون حمل

كما ذكرنا في حالة التشغيل الحادية للمحول، فإن موجة جهد تسبق كلا من موجة التيار وموجة الفيض المغناطيسي بزاوية مقدارها 90 درجة تقريبا وعند فتح المفتاح الذي يغذي المحول فإن التيار سوف يساوي صفرا، وحيث إنه في الوقت الذي تكون فيه موجة التيار تساوي صفرا فإن موجة الفيض المغناطيسي يساوي صفرا أيضا، وفي هذه الحالة لا يكون هناك مغناطيسية متبقية.

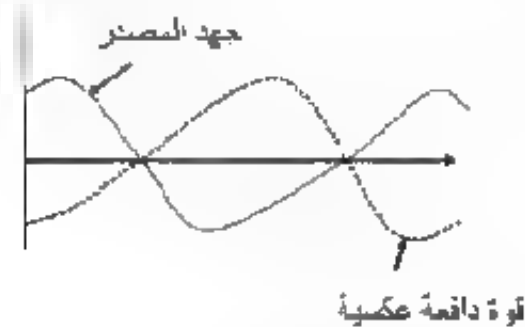
وعند إعادته لتشغيل المحول الذي تم فصله بدون حمل فسوف تظهر إحدى هاتين الحالتين

الحالة الأولى ،

خلق دائرة المحول وكانت موجة الجهد في اللحظة التي يتم فيها غلق المفتاح قيمة عظمى موجبة $Peak\ value\ Positive$.

عند غلق المفتاح الذي يغذي المحول فإنه يمر تيار كهربائي في الملف، ونتيجة لمرور التيار يتولد مجال مغناطيسي $Magnetic\ Field$ حول نواة الملف، وعندما تقسم لفات الملف خطوط الفيض المعاكسي، يتولد فيض آخر، وهذا الفيض الذاتي يولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربية عكسية $Back\ Electro\ Motive\ Force$ (bemf) تساوي ومضاد جهد المصدر $Applied\ source\ voltage$ طبقاً للقاعدة لينز

فإذا كانت موجة جهد المصدر قيمة عظمى موجبة فإن موجة القوة الدافعة العكسية تكون قيمة عظمى سالبة، وإذا كانت موجة الجهد قيمة عظمى سالبة فإن موجة القوة الدافعة العكسية تكون قيمة عظمى موجبة كما في الشكل (133)؛



(شكل 133)

وكما ذكرنا فإنه نتيجة لمرور التيار في الملف يتولد فيض مغناطيسي وهذا الفيض يولد القوة الدافعة العكسية، بحيث إن القوة الدافعة العكسية تعارض

الرياءه و لنقص في التيار العار في الملعات، فتكون موجة التيار (وكذلك موجة الفيض) تساوي صفرا عند تكون القوة الدافعة العكسية قيمة عظمى وتكون موجة التيار (وكذلك موجة الفيض) قيمة عظمى عندما تكون القيمة الدافعة العكسية تساوي صفرا كما في الشكل (129).



الشكل (129)

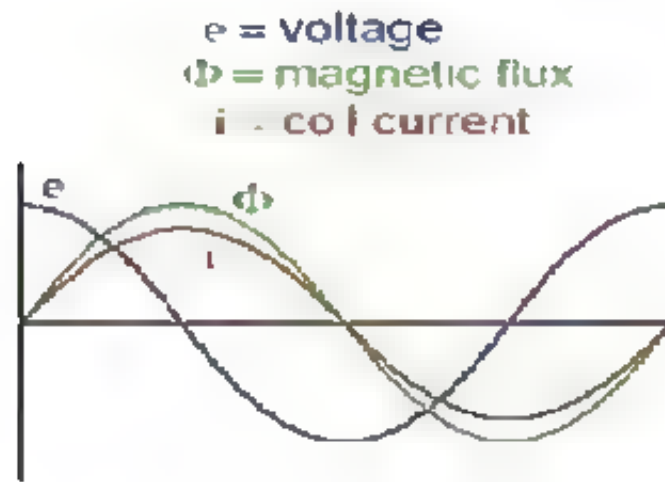
وحيث إن المحول سوف يتم دخوله في الخدمة في الحفلة التي تكون فيها موجة جهد المصدر قيمة عظمى مرجبة فنلاحظ لاتي

1- حسب الشكل (128) الذي يوضح العلاقة بين جهد المصدر والقوة الدافعة العكسية فإن موجة القوة الدافعة العكسية سوف تكون قيمة عظمى سالبة.

2- حسب الشكل (129) الذي يوضح العلاقة بين موجة التيار وموجة القوة الدافعة العكسية فإن موجة التيار تبدأ من الصفر في اتجاه القيمة لعظمى الموجية.

فعى هذه الحالة فإنت ملاحظ أن مرجبة التيار (وموجة الفيض المنطاطيسي) تبدأ من الصفر وتزيد بسرعة وذلك لتوليد القوة الدافعة العكسية اللازمة للاتزان مع جهد المصدر ونظرا لعدم وجود مغناطيسية متبقية فإن كلا من موجتي التيار و الفيض لا تزيد عن القيم الطبيعية بهم في حالة التشغيل العادي المستمر كما في الشكل (130)

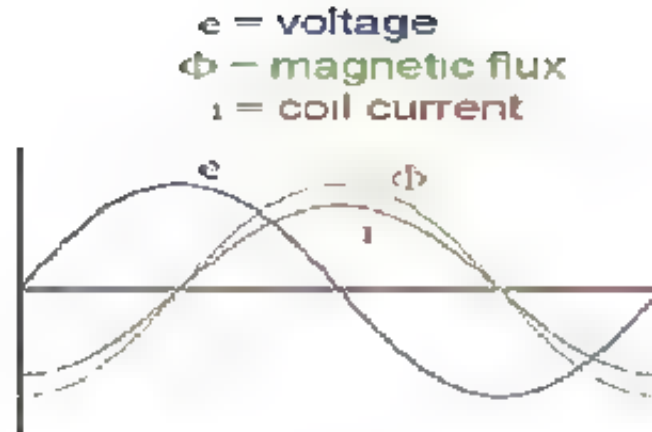
وبالتالي ففي هذه الحالة لا يظهر تيار بدفعي عند إعادة تشغيل المحوّل الذي يعمل بدون حمل (لا توجد مقاومة متبقية) وكانت مرحلة الجهد لحظة تشغيل المحوّل قيمة عظمى



الشكل (130)

الحالة الثانية :

غلق دائرة المحوّل عند اللحظة التي تكون فيها موجة الجهد تساوي صفر
هناك فرق كبير بين العلاقة بين موجات الجهد والتيار والتي في حالة التشغيل العادي المستمر وبين اللحظة الأولى لدخول المحوّل بعد فترة توقف
فكما ذكرنا أنه في حالة التشغيل العادي المستمر للمحوّل، إذا كانت موجة الجهد تساوي صفراً فإن موجة التيار تكون قيمة عظمى وكذلك يكون العيَض المتولد قيمة عظمى

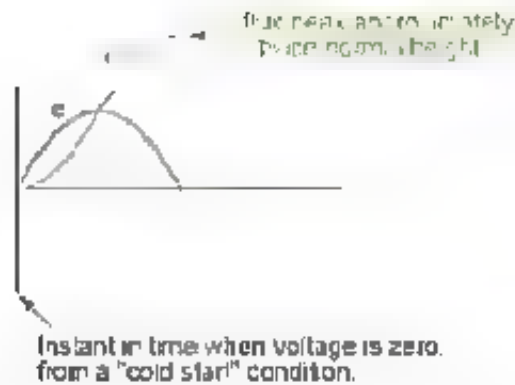


الشكل (31).

ولكن إذا كان المحرك متوقف عن العمل لفترة ما (لإجراء عملية الصيانة أو الإصلاح)، وتم تشغيل المحرك وكانت موجة الجهد عند اللحظة التي يتم فيها غلق مفتاح المحرك تبدأ من الصفر وتزداد إلى القيمة العظمى في الاتجاه الموجب مثلاً ملاحظ الآتي

- 1- في هذه الحالة لا توجد مغناطيسية متبقية.
- 2 هي الفترة الزمنية الصغيرة جد التي يكون عندها قيمة الجهد تساوي صفراً فإن قيمة التيار والفيض تساوي صفراً أيضاً.
- 3 بعد هذه الفترة الصغيرة يبدأ الجهد في الزيادة في اتجاه لقيمة العظمى الموجبة.
- 4 مع بداية زيادة الجهد يبدأ الفيض أيضاً في الزيادة في اتجاه بقيمة العظمى الموجبة وذلك لتوليد القوة الدافعة الكهربائية العكسية اللازمة لمعادلة جهد المصدر. ولما كان هناك فيض مغناطيسي مددورة قيمة عظمى سالبة كما في حالة التشغيل المستمر لثم توليد القوة الدافعة الكهربائية العكسية.
- 5 عندما تقوم موجة الجهد بالانخفاض من القيمة لعظمى الموجبة إلى الصفر.

« يستمر الفيض المعطاطيسي في الزيادة وذلك للاستمرار في توليد القوة الدافعة الكهربائية العكسية حتى يصل إلى ضعف القيمة العظمى الموجية كما في الشكل التالي



الشكل (32)

وفي هذه الحالة سوف يزداد التيار ويصل إلى ضعف قيمته لمبنيه لنتبار، وهذا التيار سوف لا يسبب تشبع للقلب الحديدية.

ثانياً : فصل وتوصيل المحول الذي يعمل بعمل

عندما يكون المحو يعمل بالحمل الكمي، فمن مع من القدرة يكون عادة متأخراً بزاوية تتراوح بين $(0.50 - 0.95)$ وذلك حسب نوعية الأحمال، أي أن الوضع في هذه الحالة يختلف عن الوضع في حالة تشبع المحول في حالة اللاحمل، لذلك عند فصل المحو عن الخدمة فإنه على الرغم من موجة لجهد سوف تصبح صفراً فإن التيار سوف لا يصبح صفراً (نتيجة للتيار التآثيري المتولد بالحث الذاتي في ملفات الأحمال)، وبالتالي فإن الفيض سوف لا يساوي صفراً ايضاً وهذا يتسبب في وجود كمية كبيرة من المغناطيسية المتبقية Residual magnetism في القلب الحديدية والتي تبقى لفترة كبيرة

وعند إعادة تشغيل المحول الذي تم فصله، وهو يعمل بحمل فسوف تظهر إحدى هاتين الحالتين

الحالة الأولى :

علق دائرة المحول وكانت موجة الجهد في اللحظة التي يتم فيها علق المفتاح قيمة عظمى موجبة $Peak\ value\ Positive$

عند علق دائرة المحول تكون المغناطيسية المتبقية في القلب حديدية كبيرة جدا، ففي هذه الحالة فإننا نلاحظ الاتي :

- 1- موجة الجهد في اللحظة التي يتم فيها علق المفتاح قيمة عظمى موجبة
- 2- موجة القوة الدافعة لعكسية سوت تكون قيمة عظمى سالبة لأنها تساوي وتصاحبه جهد المنبع
- 3- موجة التيار وموجة الفيض المغناطيسي تبدأ من اصفر وتزيد بسرعة في الاتجاه الموجب.

4- ونظرا لوجود مغناطيسية متبقية في القلب التيار يزيد ولكن لا يصل لدرجة التشبع.

الحالة الثانية :

علق دائرة محول عند اللحظة التي تكون فيها موجة الجهد تساوي صفرا
عندما يكون المحول يعمل على حمل وتم إيقاف المحول عن العمل لفترة ما (الإجراء عملية الصيانة أو الإصلاح) وتم تشغيل المحول مرة أخرى وكانت موجة الجهد عند اللحظة التي يتم فيها غلق مفتاح المحول تبدأ من الصفر وتزيد إلى القيمة العظمى في الاتجاه الموجب مثلا نلاحظ الاتي

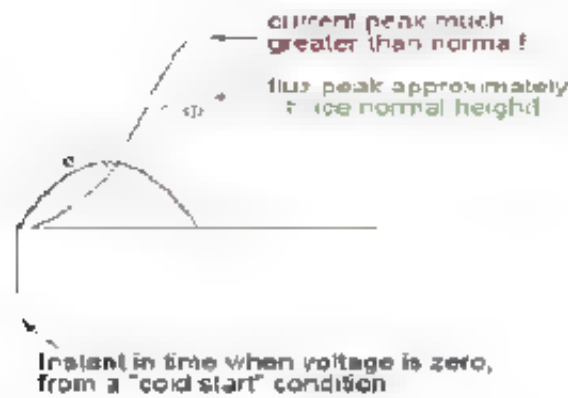
- 1- في هذه الحالة تكون المغناطيسية المتبقية في القلب الحديدي كبيرة.
- 2- في الفترة الزمنية الصغيرة جد انفي يكون عندها قيمة الجهد تساوي صفرا فإن قيمة التيار والعيس تساوي صفرا ليص
- 3- بعد هذه الفترة الصغيرة يبدأ الجهد في الزيادة في اتجاه القيمة العظمى العروحة
- 4- مع بداية زيادة الجهد يبدأ الفيض أيضا في الزيادة في اتجاه القيمة العظمى

الموجبة وذلك لتوليد انقواء الدافعة الكهربائية العكسية اللازمة لمعاداة جهد المصدر (فلو كان هناك فيض مغناطيسي مقداره قيمة عظمى ساليه كما هي حالة التشغيل المستمر لثم توليد القوة الدافعة الكهربائية)

5- عندما تقوم موجة الجهد بالانخفاض من القيمة العظمى الموجبة إلى الصفر

6- يستمر الفيض المغناطيسي في الزيادة وذلك للاستمرار في توليد القوة الدافعة الكهربائية العكسية حتى يصل إلى ضعف القيمة لعظمى لموجبة.

7 نظرا لوجود معاداة تسعة متبقية كبيرة فإنه قد يحدث تشبع للقلب الحديدي، وفي هذه الحالة لا يمنع زيادة التيار إلا مقاومة الملف الابتدائي انقي تكون صغير جدا ومعاوقة الفيض المتسرب وبذلك يمر تيار عالي جد قد يصل من (3.5 - 40) ضعف التيار الاسمي وذلك في ربح الدوره الأولى.



الشكل (163)

مما سبق نلاحظ أن الفيض المغناطيسي المتبقي وكذلك النقطة في السوجه الحبيبية للجهد والتيار التي يتم توصيل المحو عندها لهما تأثير كبير جدا على حدوث التشبع المغناطيسي وظهر التيار الانعاعي، ولذلك نلاحظ أنه في بعض المرات يتم فصل مفتاح المحو رقى مرات أخرى لا يتم الفصل

اسباب ظهور المغناطيسية المتبقية وتأثيرها على حدوث التشبع في القلب الحديدي على الرغم من أن الحديد الصلب من أفضل المواد مرور الفيض المغناطيسي إلا أنها لها عيب وهو التخلفية المغناطيسية، ثمادة الحديد تحتوي على عدد كبير من المغناطيسيات الحرفية التي لها قطبان شمالي وجنوبي ويكون مرتبة ترتيبا عشوائيا بحيث تلغي كل واحدة التأثير المغناطيسي للآخر، وينتج عن ذلك أن مادة الحديد ليس لها خاصية الجذب المغناطيسي في الحالة العادية وعند تنشغيل المحور بأحسان كبيرة سوف يمر تيار كبير هذا التيار يولد مجال مغناطيسي قوي يؤثر على هذه المغناطيسيات الجزئية ويحول عدد كبير منه يصطف في اتجاه هذا التيار ريشاً عن ذلك اتجاه تمغنط واحد يتغير مع تغير موجة التيار

وعند فصل المحول ويصبح لتيار صفر وبالتالي يصبح المحال صفر فإن هذه المغناطيسيات الجزئية لا تعود بترتيبها العشوائي ولكن يحدط عدد كبير منها بالمغناطيسية (تزداد هذه المغناطيسية المتبقية بعد فترة)

وعند تشغيل المحول مرة أخرى بعد فترة زمنية صغيرة وكانت قيمة الجهد تبدأ من الصفر ففي هذه اللحظة تكون قيمة التيار والفيض تساوي صفراً أيضاً، ومع بداية زيادة الجهد يبدأ الفيض بالزيادة بصورة كبيرة جداً لمرئيد القوة الدافعة الكهربائية لعكسية اللازمة لمعادلة جهد المصدر، فبعد هذه اللحظة يزداد الإصطفاف إلى أن يصل إلى حاله تصبح فيها جميع المغناطيسيات الجزئية مصطفة ومترججه باتجاه المجال الخارجي وبهذا يصل إلى حاله التشبع المغناطيسي حيث لا توجد في قلب الحديدي مغناطيسيات جزئية غير مصطفة، وفي هذه الحالة لا يسمح زيادة التيار إلا مقاومة لمسافة ابتدائي التي يكون صغير جداً ومعاوقة الفيض المتسرب

6 توصيل المحولات على التوازي Parallel Operation

يتم توصيل محولين على التوازي حيث يوصل ملءا الجهد العالي مع بعضهما وكذلك ملءا الجهد المنخفض في الحالات لثاليه

1- في بعض الأحيان يتم زيادة الأحمال نتيجة لتوسعات في مراكز الأحمال (مصانع منشآت حقول بترول مجابي سكنية) وبالتالي نريد قدرة الأحمال عن قدرة المحول المستخدم، وفي هذه الحالة يوجد حلان، إما يتم استبدال المحول بمحول ذو قدرة اكبر وهذا الحل قد يكون غير اقتصادي، والحل الثاني هو تشغيل محول آخر على التوازي مع هذا المحول

2 إذا كانت دورة الحمل على المحول (Load Cycle) تتغير كثيراً كجراً مع الزمن فإذا انخفض الحمل فيمكن فصل أحد المحولات، وتشغيل المحول لثاني وهذا أفضل من تحميل الحمل كله على محول واحد

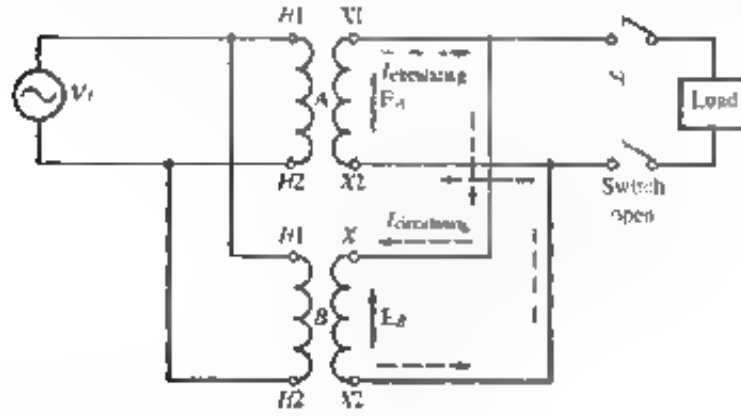
3- عندما يغذي المحول أحمالاً ذات أهمية خاصة بحيث إن استمرارية التغذية يكون لها الأهمية الأولى يصدر المظر عن الاعتبارات لاقتصادية وخاصة صناعات البتروكيماويات وغيرها من الصناعات التي لا تحتمل انقطاع التيار الكهربى عنها

ولكن لا بد من توافر بعض الشروط لكي تعمل المحولات على التوازي بطريقة سليمة، وهذه الشروط هي :

- 1- جهود الدخول والخروج والتردد و نسبة التحويل متساوية
- 2 النسبة المئوية للمحاولة (Z%) متساوية لي المحولين
- 3 النسبة بين المقاومة والممانعة متساوية في المحولين
- 4 تصابى الأوجه في المحولين Same phase rotations
- 5 عدم وجود فرق في الطور بين ملءات الإبتدائي والثانوي
- 6 أن ترعى قطبيه الأطراف عند توصيلهما، فتوصل الأطراف ذات القطبية المتماثلة معاً
- 7- يحصل أن تكون قدرة التحولين المراد تشغيلهما بالتوازي متقاربتين بقدر الإمكان.

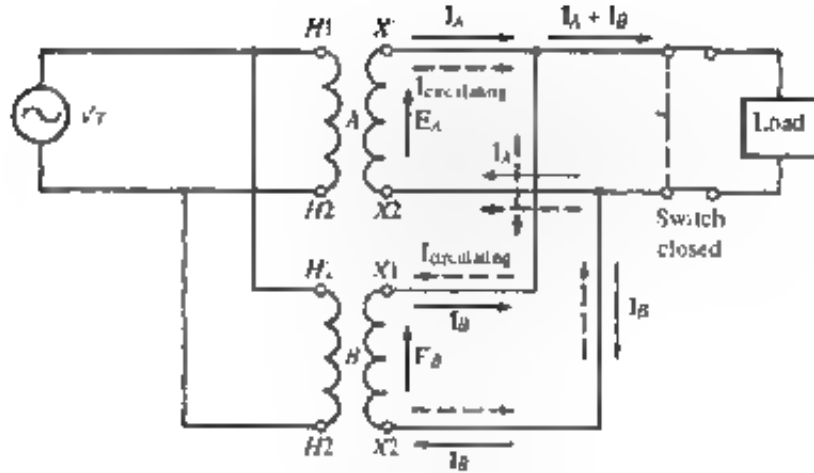
وهيما يلي شرح لأهمية هذه الشروط :

أولاً جهود الدخول والخروج والتردد لهما متساويان ونسبة التعديل يجب أن تكون متساوية
عند كان لدينا محولان موصلان على التوازي وكان هناك فرق بسيط بين
نسب التحويل في كلا المحولين فسوف يمر تيار دوران Circulating Current حتى
لو كان الحمل مفصولاً، أي في حالة ال No-load كما في الشكل (139) وهذا لفيار
يمثل فقد القدرة



الشكل (139)

عند فرضنا أن الجهد E_1 أكبر من الجهد E_2 فسوف يتحدد اتجاه التيار الذي
يدور بين أطراف الملف الثانوي يكون، كما في الشكل السابق عند تم توصيل
الحمل كما في الشكل (140).



الشكل (135)

فمن الجهود المولدة بالحث في الملفات الثانوية تكون غير متساوية أيضا وينتج عن ذلك تيار دوارة Circulating Current يتم جمعه على I_A بينما يتم طرحه من B وينتج عن هذا التيار عدم تساوي التحميل على المحولين بحيث يتم تحميل أحد المحولين أكثر من قدرته أي يصبح أحد المحولين Overloaded

ثانياً، النسبة المئوية للمعاوقة (%OL) متساوية في المحولين.

إذا لم تكون النسبة المئوية للمعاوقة متساوية فإن تساوي الأحمال ما بين المحولات لا يتم، إذ يتم تحميل محول ما بقيمة أكبر من المحول الثاني

ثالثاً، النسبة بين المقاومة والممانعة متساوية في المحولين

ليس من الضروري أن تتساوى المقاومة والممانعة للمحولين، ولكن الضروري أن تكون النسبة بينهم متساوية حتى يتساوى الهبوط في المهد مقداراً واتجاهاً

رابع: تطابق الأوجه في المحولين

أن يراعى تزامن التعاقب المرحلي (phase sequence) بالنسبة للمحولات الثلاثية الأوجه على أن يكون تعالّب المراحل متماثلاً في المحولين، وإلا فسوف تحدث دائرة قصر بين كل مرحلتين خلال كل دورة

خامساً: هذه وجود فرق في الطور Phase displacement بين ملفات الابتدائي والثانوي عند وجود فرق في الدور، فإن ذلك يؤدي إلى مرور تيار دوار Circulating Current يحرق على سخونة المحوّل.

سادساً: توصيل الأطراف ذات القطبية المتماثلة معاً

وينشأ عن وجود خطأ في القطبية عند التوصيل، أن يصبح الملفان الثانويان مقصورين بضعف الجهد، مما يتسبب في مرور تيار قصير كبير قبل التوصيل إلى الحمل، لذلك يجب التحقق من صحة التوصيل بالنسبة لقطبية قبل أن يصبح الملفان ثانويان متصيين على التوازي معاً على طرفي الحمل.

سابعاً: يفضل أن تكون قدرة المحولين المراد تشقيلهما بالتوازي متقربتين بقدر الإمكان حيث لا يوجد ما يمنع من تشغيل محولين على التوازي بسبب اختلاف سرّتهما، ولكن الحكمة في ذلك خوفاً من حدوث خلل في محوّل الكبير مما يؤدي لوقوع لحرق كمالاً على المحوّل الصغير مما يؤدي لانتهياره

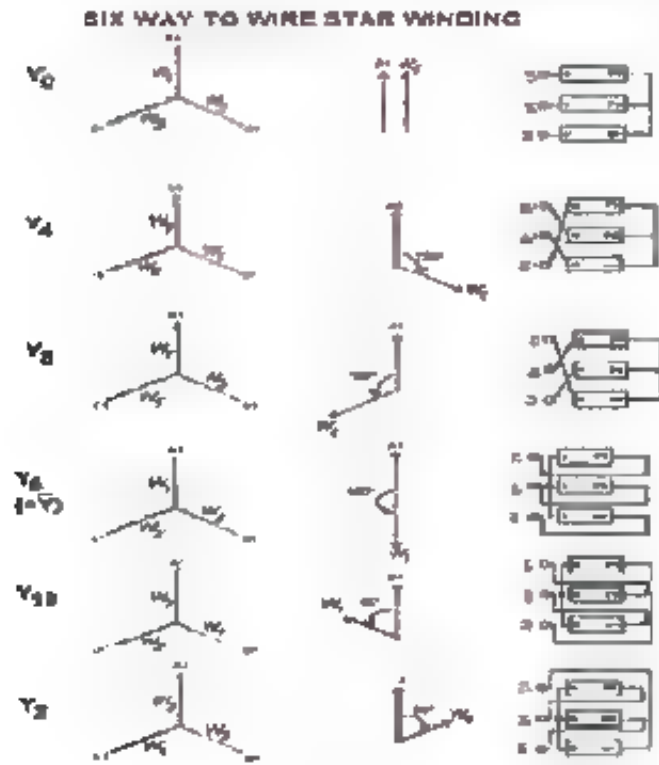
7- المجموعة الاتجاهية Vector Group

هي طريقة توصيل الملفات الابتدائية والملفات الثانوية للمحوّل، وهي تعتمد بصفة أساسية على عملية لف الملفات، وعلى طريقة توصيل الملفات معاً وعلى أتر وية بين الجهود. هي ملفات الابتدائي والثانوي حتى يتم الوصول إلى الشكل النهائي للملفات التي يتم توصيلها على شكل دلتا والملفات التي يتم توصيلها سداً.

فمثلاً من الممكن أن يكون لدينا محوّلان الملف الابتدائي لكلا المحولين يكون دلتا والملف الثانوي لكلا المحولين يكون نجمة، ولكن النجمة في المحوّل الأول تكون عن طريق ربط مبدئات الملفات مع وخروج المبدئات والنجمة في

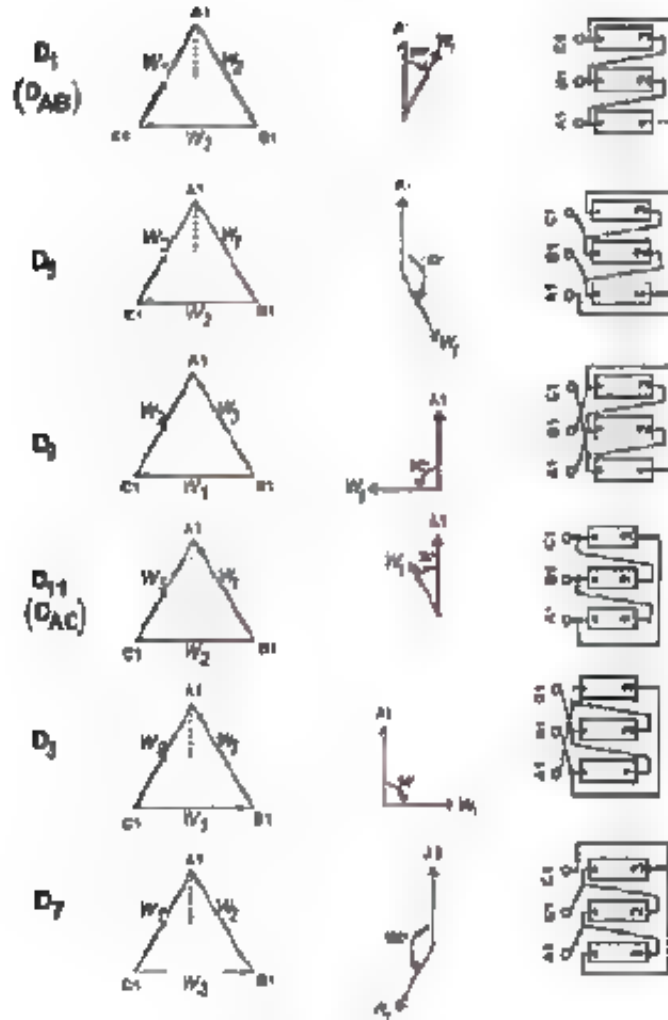
المحول الثاني تكون عن طريق ربط بدايات الملفات معا وخروج النهايات بهذا التوصيل الداخلي للملفات لا يؤثر على المعنى، فكل المحولين سوف يعنى بصورة طبيعية حسب الجهود والقدرة المصمم عليها ولكن لا يمكن توصيل هذين المحولين معا على التوالي.
من ذلك يتضح أن المجموعة لاتحاطة لأي محول بذلكه ليس لها أي دور في طريقة عمل المحول،

فيوجد هناك 6 طرق لتوصيلة النجمة ،



(شكل 1.36)

ويوجد هناك ٥ طرق لتوصية الدلتا .



الشكل (137)

ولكن يتم الاهتمام بالمجموعه الاتجاهية فقط عند توصيل المحولات على التوالي.
يمكن معرفة المجموعة الاتجاهية عن طريق رسم ساعة حقيقية. يكون فيها
دائما العتج الممثل لجهد الملف انقاسوي هو عقرب الساعات ويكون المنجـه

الممثل لجهد الملف الابتدائي هو عقرب الدقائق وكلاما يمثل جهد الوجه في كلا الماسبين ويكون الطريقة كالتالي

1- تكتب طريقة توصيل في الملف الابتدائي بحروف كبيرة Capital فإذا كان التوصيل على شكل نجمة تكتب Y وإذا كان التوصيل على شكل دلتا تكتب D، أما طريقة التوصيل الملف الثانوي فتكتب بحروف صغيرة Small فإذا كان للتوصيل على شكل ستار تكتب Y وإذا كان التوصيل على شكل دلتا تكتب d.

2- إذا كانت نقطة التعادل Neutral يمكن الوصول إليها في توصيلة النجمة فإن حرف الـ N يظهر في الاسم.

3- يتم تمثيل الروايا لانحائية بـ 12 رنم، وحيث إن مجموع الزوايا حول نقطة هو 360 درجة، وبالتالي يكون الفرق بين كل رقمين متتاليين يسوي 360/12 = 30 درجة، فالرقم 1 يمثل 30 درجة والرقم 2 يمثل 60 درجة وهكذا.

4- يبدء برسم عقرب الدقائق للممثل لجهد الملف الايتد تي وتجعله دائما يشير إلى الساعة 2 سواء كان توصيل اسلفات في الايتد تي دلتا أو ستار

5- نرسم عقرب الساعات الممثل للجهد المنخفض حسب رأيه في الرسم

6- اعتبار أن الدوران الموجب هو عكس عقارب الساعة، فالزوية لانحائية تعتبر موجبة إذا كان العهد في ناحية الجهد المنخفض متاخرا عن العهد في ناحية الجهد العالي

7- من قيمة الساعة يمكن معرفة المجموعة الانحائية Vector Group ومنها يمكن معرفة الـ Phase Displacement

حيث يمكن تقسيم توصيل الملفات معا إلى أربع مجموعات كما في الجدول التالي :

المجموعة	طريقة التوصيل	الزاوية بين السلك الابتدائي والثانوي	ملاحظات
1	$Yy0$ & $Dd0$	0°	لا يوجد عسوق في طور بين ملفات الابتدائي والثانوي
2	$Yy6$ & $Dd6$	-180°	الجهد في الابتدائي يتأخر على الجهد في الثانوي بزاوية مقدارها 180° درجة
3	$Yd1$ & $Dy1$	$+30^\circ$	الجهد في الثانوي يتأخر على الجهد في الابتدائي بزاوية مقدارها 30° درجة
4	$Yd11$ & $Dy11$	-30°	الجهد في الثانوي يتقدم على الجهد في الابتدائي بزاوية مقدارها 30° درجة

Example

Digit 0 = 0° that the LV phasor is in phase with the HV phasor

Digit 1 = 30° lagging LV lags HV with 30° (because rotation is anti-clockwise)

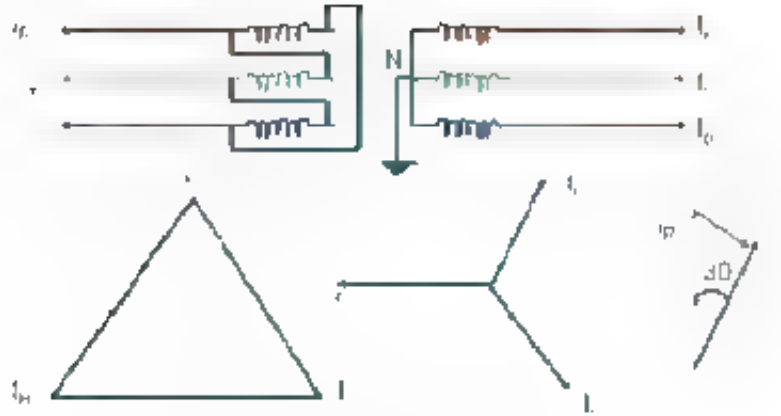
Digit 11 = 330° lagging or 30° leading LV leads HV with 30°

Digit 5 = 150° lagging LV lags HV with 150°

Digit 6 = 180° lagging LV lags HV with 180°

شرح بعض المجموعات الاتجاهية

١- المجموعة الاتجاهية Dy



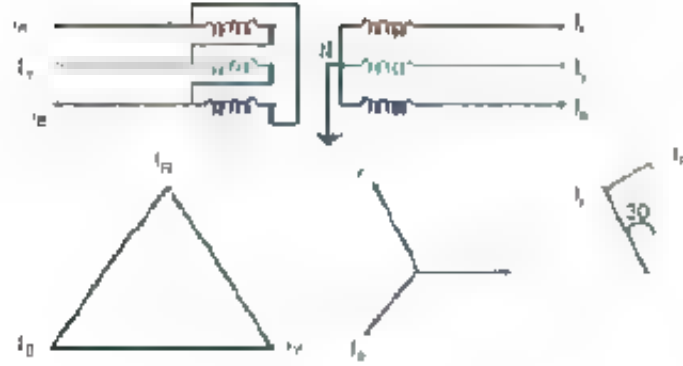
الشكل (١.38)

- ١- الملف الابتدائي على شكل دلتا Δ ويمثله عقرب الدقائق الأصغر.
- ٢- الملف الثانوي على شكل ستار \star ويمثله عقرب الساعات الأصغر.
- ٣- في هذه الحالة يمكن القول بأنه يوجد فرق في الطور بين الجهد في الابتدائي والثانوي بمقدار 30° درجة (الجهد في الابتدائي يسبق الجهد في الثانوي بزاوية 30° درجة، كما يشير عقرب الدقائق إلى الساعة ١٢ ويشير عقرب الساعة إلى الساعة الواحدة).



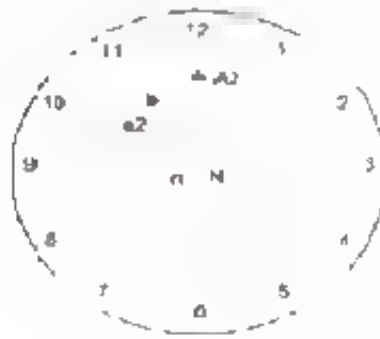
الشكل (١.39)

2. المجموعة الاتجاهية Dyn11



الشكل (4.4)

- أ- الملف الابتدائي على شكل دلتا Δ ويمثله عقرب الساعات لدقائق الأطول
 ب- الملف الثانوي على شكل نجمة Y ويمثله عقرب الساعات لأقصر
 ت- نقطة التمدل Neutral يمكن الوصول إليها في توصيلة لنجمة بأن حرف N. يظهر في الاسم
 ث- الزاوية بينهم كما في الرسم المقابل هي (-30°) درجة
 ج- الجهد في الملف الثانوي يتقدم عن الجهد في الملف الابتدائي بزاوية مقدارها 30° درجة
 ح- ويمكن تمثيل المجموعة الاتجاهية بالساعة بالشكل المقابل.



الشكل (4.4)

طريقة تحديد المجموعة الاتجاهية Dyn11

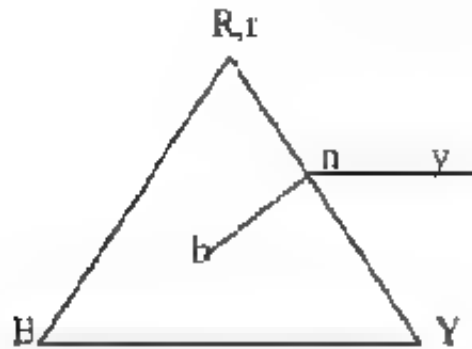
الملف الابتدائي للمحول يكون على شكل دلتا (D) وأطرافه R, Y & B والملف الثانوي على شكل ستار (Y) وأطرافه a, y, b فتحدد المجموعة الاتجاهية بهذا المحول تتبع الخطوات التالية

- 1- يتم ربط الطرف R في ناحية الملف الابتدائي مع r من ناحية الملف الثانوي.
- 2- يتم تحليل جهد ثلاثي 3Phase Voltage (440V \pm 5%) على ضاحية ملفات الجهد العالي
- 3- يتم قياس الجهد بين أطرافين R, Y وبين أطرافين R, r وتسجيل القيمة
- 4- يتم قياس الجهد بين أطرافين Y, r وبين أطرافين Y, b وتسجيل القيمة
- 5- يتم قياس الجهد بين أطرافين Y, b وبين أطرافين B, b وتسجيل القيمة
- 6- يتم قياس الجهد بين أطرافين B, r وتسجيل القيمة

النتائج

إذا كان الجهد $V_Y = V_b$ وكان الجهد $B_Y > B_r$ وكان الجهد $R_Y = R_n + Y_n$ فإن

ذلك يعني أن المجموعة الاتجاهية هي Dyn11



Voltages between $R_n ; Y_n ; RY$

Voltages between $Y_b ; Y_y$

Voltages between $B_b ; B_y$

$$V_{RY} = V_{Rn} + V_{Yn}$$

$$V_{Yb} = V_{Yn}$$

$$V_{Yb} > V_{Bb}$$

الشكل (142)

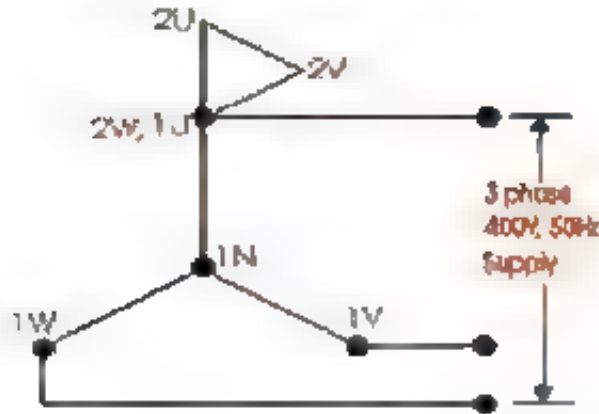
طريقة تحديد المجموعة الاتجاهية Yd11

الملف الابتدائي للمحول يكون على شكل ستار (Y) وأطرافه 1U ، 1V & 1W
والملف الثانوي على شكل دلتا (d) وأطرافه 2U ، 2V ، 2W فلتحديد المخرج

الاتجاهية لهذا المحول نلجأ الخطوات التالية

1- يتم ربط الطرف 1U في ناحية الملف الابتدائي مع 2W في ناحية الملف الثانوي.
2- يتم تسليط جهد ثلاثي 3Phase Voltage (400V ، 50 Hz) على مناحية ملفات الجهد العالي

3- يتم قياس الجهد بين الطرفين 2U ، 1N وبين الطرفين 2V ، 1W وتسجيل القيمة
4- يتم قياس الجهد بين الطرفين 2V ، 1N وبين الطرفين 2W ، 1V وتسجيل القيمة
5- يتم قياس الجهد بين الطرفين 2W ، 1W وبين الطرفين 2U ، 1W وتسجيل القيمة



شكل (٩٥)

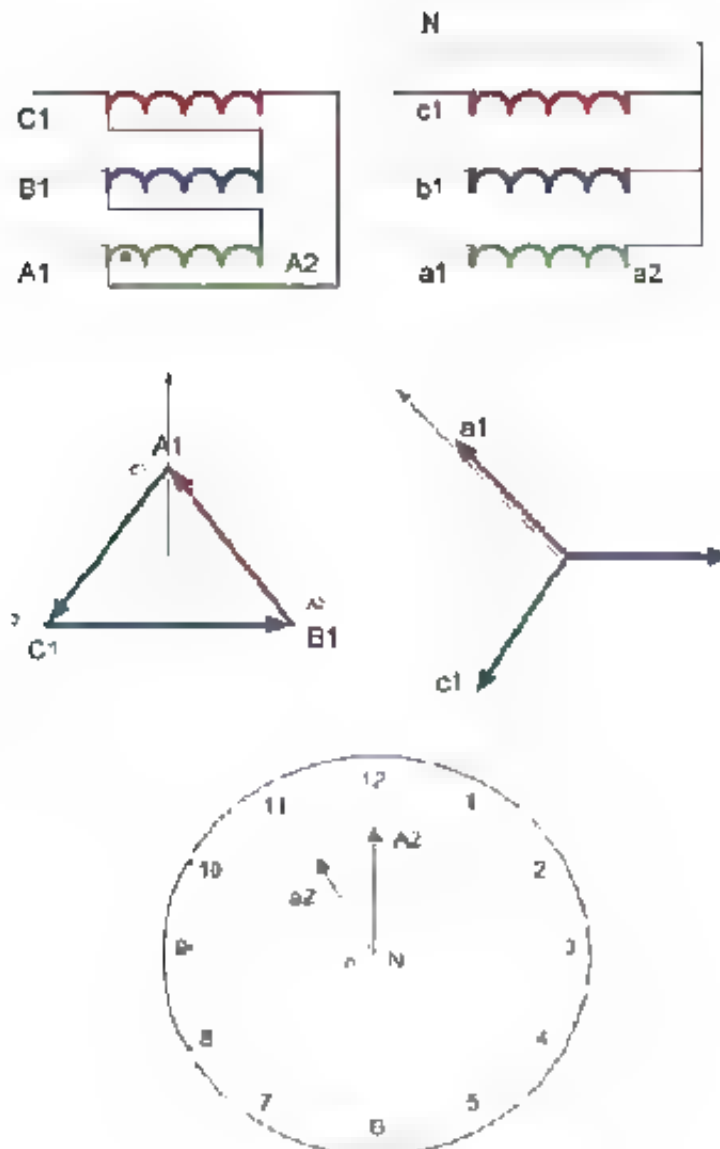
النتائج

1- إذا كان الجهد $2U - 1N > 2V - 1N > 2W - 1N$

2- وكان الجهد $2V - 1W > 2W - 1W > 2U - 1W$

فإن ذلك يعني أن المجموعة الاتجاهية هي Yd11

كيفية رسم المجموعة الاتجاهية DYN11



الشكل (144) رسم المجموعة الاتجاهية DYN11

- رسم متجهات الابتدائي (دلتا) بحيث يكون إيجاب الدوران عكس عقارب الساعة (هو الاتجاه الأصلي في رسم المتجهات) كما في الشكل 2-
رسم متجه NA1 يشير إلى الساعة 12 في الدلتا . لاحظ أن النقط ليس بها النقطة N ويتم رسم N إمبراهيمية داخل مثلث الدلتا لتحديد جهده للوجه المكافئ لكل فاز)

3- ترسم المتجه a1a2 في النجمة بحيث يوازي A1A2 في الدلتا
4- تحدد الزاوية بين NA1 وبين المتجه a في النجمة فتحدد أنها تساوي الحدية عشر وتكون المجموعة الاتجاهية Dyn11 لأن نقطة لأرضي لها ظهور في ثانوي وبالتالي يكون Phase displacement يساوي سالب 30
5- أي أن الجهد في الملف الثانوي يتقدم عن الجهد في الملف لابتدائي بزاوية مقدارها 30 درجة ، أي أنه عند دوران مؤشر الابتدائي (مؤشر الدقن) وهو المؤشر الذي يكون دائما يشير إلى الساعة 12 عكس عقارب الساعة بعدد 30 درجة يقابل مؤشر الثانوي (مؤشر الساعات)
6- أولوية تكون مرجحة عندما يكون الجهد في الثانوي متأخرا عن الجهد في الابتدائي

مما سبق يتبين أن الأساس في عمل المحولات على التوالي هو عدم وجود فرق في الطور بين ملفات الابتدائي والثانوي، وبالتالي فإن تصديق المجموعة الاتجاهية ليس شرطاً في عمل المحولات على التوالي، مثلاً المحولات ذات مجموعة التوصيل Dyn 8X Dyn 1 يمكن أن تعمل معا على التوالي لأنه لا يوجد فرق في الطور بين الجهود في ملفات الابتدائي والثانوي.

8- جهد المعاوقة Voltage impedance (%)

تعبير معاوقة المحول دورا كبيرا في أدائه وخواصه سواء في ظروف التشغيل العادية أو في فترات قصور الدائرة، ولقد اتفق على الإشارة إلى معاوقة المحول بتعبير جهد المعاوقة

وجهد معارفة المحول هو الجهد اللازم تسليطه على أحد صفي المحول لإمرار التيار المقتن في هذا الصنف عندما تقصر دائرة الملف الآخر، ويتم التعبير عن جهد المعاوقة كنسبة مئوية من الجهد المقس ورغم أن صغر قيمة المحول تعطي أداء أفضل من وجهة نظر تنظيم الجهد والكفاءة إلا أنه يجب الأخذ في الاعتبار تلك الظروف التي تنشأ عند حدوث قصر دائرة على المحول، وعادة ما تصمم المحولات بحيث تحمّل الإجهادات الحرارية والميكانيكية الناشئة عن ديار قصر لا يتعدى 25 مرة من قيمة تيار العمل الكامل للمحول. وذلك لفترة زمنية لا تتجاوز ثابنتين، لذلك يجب ألا يزيد مقدار تيار القصر في المحول عن هذه القيمة، وعلى ذلك فإن على معاوقة المحول أن تسهم مع معاوقة باقي أجزاء الشبكة في الحد من قيمة تيارات القصر، أي أنه يجب أن يكون لمعاوقة المحول حد أدنى لا تنص صه ويعطي الجدول التالي قيمًا لمعاوقة محولات التوزيع ثلاثية الأطوار على تردد 50 هرتز بموصية محمة أو دلتا على أي جانب ويجب عند كتابة مواصفات المحول للنص على أن تكون قيمة معاوقته في حدود هذه القيم

قيم لمعاوقة بالمانعة لمحولات لتوزيع ثلاثية الأطوار		
الجهد العالي بما يتكوّن فولت		القيمة بالكيلو واط
KV 1	KV 6.6	الميجر
4.75	4.75	من 5 إلى 15
4.5	4.5	من 20 إلى 75
5	4.75	من 100 إلى 200
4.75	4.75	من 250 إلى 1000
5	5	من 1250 إلى 2000
6		من 3000 إلى 7500

جهد المعاوقة للمحول له عدد استخدامات منها،

- 1- إذا كان قيمة جهد المعاوقة 5% فمعنى ذلك أنه عند تحميل المحول بالحس الكامن فإن الهبوط في الجهد يكون 5%، فإذا كان لديها محو 6600 / 400 ،

فمعنى ذلك أنه عند الحمل الكامل Full Load ستكون نسبة الهبوط في الجهد Voltage Drop خلال المعاوقة Impedance الداخلية للمحول تساوي أيضاً 9% وهذا يعني أن الجهد على أطراف الجنب الثانوي سينخفض بنسبة 9% عن القيمة الاسمية عند التحميل الكامل وبالتالي يمكن حساب قيمة الجهد عند أطراف الثانوي أثناء التحميل الكامل مباشرة دون قياس

2- عند عمل قصر على ملفات الثانوي، ورفع الجهد تدريجياً من الصفر على ملفات الابتدائي وقياس تيار المحول حتى نصل إلى بقيمة الاسمي للتيار، فإن الجهد الذي يمرر قيمة التيار لكل (جهد القصر) = 5% من الجهد الكلي.

3- كلما زادت قيمة الـ %Z كلما قلت قيمة تيار القصر Short circuit Capacity الناشئة في اجناب الآخر من المحول، لكن في هذه الحالة سوف ترتفع قيمة الهبوط في الجهد.

9- تنظيم الجهد ، Voltage regulation

الجهد في الحاسب الثانوي من المتروكس ، يكون ثابتاً ولا يتغير سواء كان المحول يعمل بدون حمل أو يعمل بحمل، لكن في الواقع ينخفض جهد الحاسب الثانوي كلما زاد تحميل المحول، ويعبر عن هذا الانخفاض في الجهد بنظام الجهد Voltage Regulation (V R) وكلما كان معامل التنظيم الجهد صغيراً كان ذلك أفضل لأن ذلك يعني أن جهد الثانوي لا يتأثر بالحمل. والسبب في حدوث انخفاض للجهد في اجناب الثانوي مع تحميل المحول هو حدوث هبوط في الجهد Voltage Drop في معاوية المحول نتيجة ارتفاع قيمة التيار المار بها

ويعرف تنظيم الجهد للمحول والذي يعبر عنه كنسبة مئوية بالتالي :

(جهد الثانوي في اللاحق - جهد الثانوي في الحمل) × 100 / (جهد الثانوي في الحمل)

ويمكن أن تكتب العلاقة السابقة تقريبا كالتالي :

الإشارة لموجبه في حاله معامل القدرة لعنصر والإشارة السالبة في حاله معامل القدرة المتقدم

$$\text{Regulation percentag} = \frac{E_{\text{no-load}} - E_{\text{full-load}}}{U_{\text{full-load}}} (100\%)$$

و يمكن تعريف معامل التنظيم على انه هو التغير في الجهد الثانوي عندما يتغير الحمل من الفئمة المعينة إلى المستقر وذلك في حالة ثبوت جهد الدخل.

العوامل التي يعتمد عليها معامل التنظيم :

- 1- مقاومة الملفات Resistance
- 2- الممانعة الحثية للملفات Reactance
- 3- معامل القدرة للحمل Power Factor

ويجب العلم ان العبرة المتخصة للمعارقة وخسوس الممانعة الحثية تدس على خفض معامس التنظيم وهو شئ مرغوب فيه على الرقم من أن نقص المحاولة بسبب زيادة تيار الخطأ ، ومعامل التنظيم يزيد كذلك عندما يكون معامل القدرة للحمل متأخرا

ملاحظ أن هناك فرق بين الهبوط في الجهد Voltage Drop وبين تنظيم الجهد Voltage Regulation، فمرور التيار أثناء التحميل يخفض جهد الملف الثانوي لكنه يخفض أيضا جهد الملف الابتدائي، وهو ما يسمى بالهبوط في الجهد، وهو يحدث نتيجة مرور التيار في الحمل، أما الهبوط في جهد الثانوي قبل وبعد التحميل يسمى بمعامس التنظيم وهو يحدث نتيجة مرور التيار في معارقة المحول.

10 - حساب القوى الداخلية بين الملفات بالمحول

عند حدوث قصر في المحول Short Circuit يمر تيار كهربى عالى جدا بالملفات، ويتولد من هذا التيار قوى ميكانيكية كبيرة جدا بين موصلات الكهربائية الحامة للثبتر، وهذه القوى قد تتسبب في تفكك المحول نفسه، فقد بين فارادى

أنه إذا وضع موصل يمر به تيار كهربى في مجال مغناطيسى، فحين هذا المجال يؤثر على الموصل بقوة يتم تحييدها عن طريق قاعدة اليد اليسرى لفلمنج قاعدة اليد اليسرى لفلمنج

يجعل أصابع اليد اليسرى الثلاثة الوسطى والسببية والإبهام معامدة بعضها على بعض بحيث يشير الوسطى للتيار والسبابة للفيض عندئذ يشير الإبهام إلى اتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي إلى اتجاه حركة الملت



اشكل (145)

ويمكن حساب القوة التي يتاثر بها الموصل من المعادلة التالية :

$$F = B \times I \times L \sin \theta$$

ومن المعادلة السابقة نجد ان هذه القوة تتاثر بالعوامل التالية :

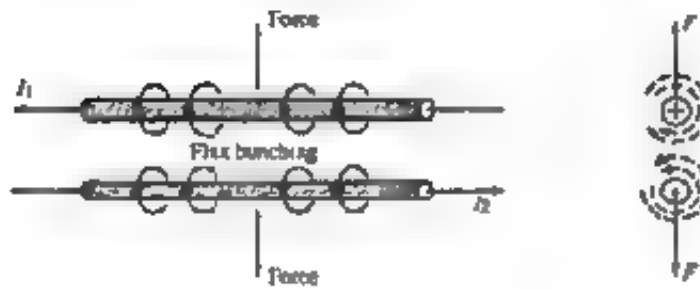
- 1 طول الموصل (L)
- 2- شدة التيار (I) .
- 3- كثافة الفيض المغناطيسى (B)
- 4- الزوية بين الموصل واتجاه المجال (θ)

ملاحظ أن كثافة الفيض المغناطيسى B في المعادلة هي كثافة الفيض المتصوب وليس الفيض الأصلي الذي يمر بالقلب في المحول لأن الفيض الأصلي ترك الموصل وتمر في القلب وأصبح غير مرتبط به
فإن كان لدينا موصلين متجاوران يمر في المرصس الاول تيار قيمته I1 ويمر

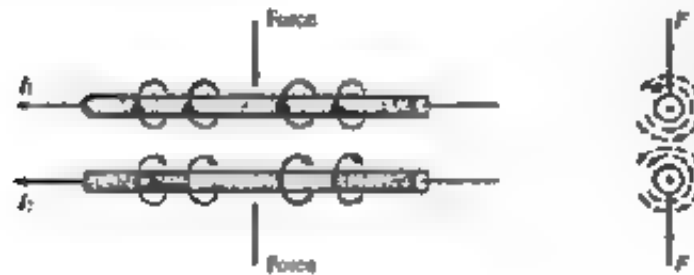
في الموصل الثاني تيار قيمته 2 ، فإنه تمثلاً ببعدهما قره تتوقف قيمتها على قيمة التيارين والمسافة بين الموصلين وتكون القره إما قوة تعادب أو قوة تنافر حسب اتجاه التيارين.

عند كانت اتجاه التيار الأول عكس اتجاه التيار الثاني فإن القره بينهما تكون قوة تنافر كما هي الشكل (146).

وإذا كانت اتجاه التيار الأول في نفس اتجاه التيار الثاني فإن القره بينهما تكون قوة تعادب كما هي الشكل (147).



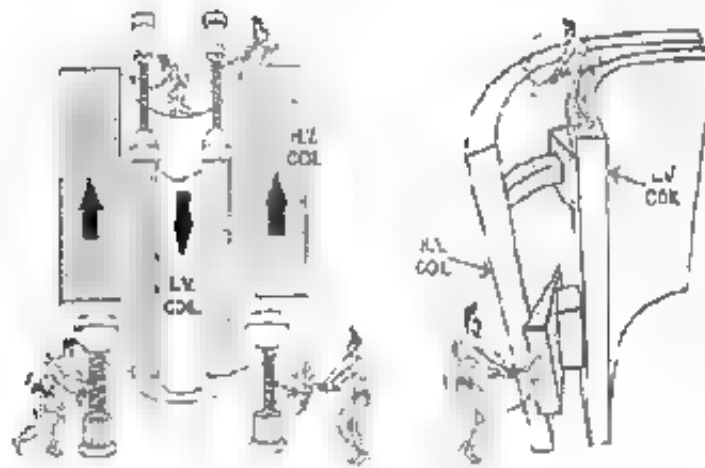
الشكل (46)



الشكل (47)

فعلى المحول نتيجة لوجود فيهم متسرب *leakage flux* حول الملف الابتدائي والملف الثانوي، وعندما يكون اتجاه مرور التيار في الملف الابتدائي عكس اتجاه مرور التيار في الملف الثانوي فتتولد قوة طرد بينهم للخارج تزيد مع القوة كلما زاد التيار

بعد حدوث العطل يزيد التيار بصورة كبيرة حد وبالتالي تزيد القوة الميكانيكية المسببة وتميل الملفات ذات الجهد العالي للقصم لافى وتميل ملفات الجهد المنخفض للهبوط لاسفل، وفي نفس الوقت يميل المغان الابتدائي والثانوي للتباعد أفقيا كما في الشكل التالي



الشكل (48)

11 ظاهرة التشبع المغناطيسي Saturation

أقرب مثال لعملية التشبع المغناطيسي هو المكثف المروري في الشارع، فإذا كان هناك عدد كبير جدا من السيارات في الشارع بحيث يكون عدد سيارات أكبر من السعة التصميمية للشارع فإن ذلك يؤدي تقريبا إلى توقف المركبة تماما

و هي المحولات فإن هذا التشبع معناه تراكم خطوط الفيض داخل القلب الحديدي بصورة كبيرة جدا لدرجة أنه لا يحدث تغير للفيض مع الزمن، وذلك بقس من قيمة القدرة التي يتم نقلها من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي. ما يسبب لتشبع المغناطيسي ؟

١ التيار المستمر

الجهد المستمر المستخدم في قياس مقاومة العزل للملفات إذا سُلط على طرفين ساحية جهة واحدة، فالملف الابتدائي يتكون من ثلاثة أطراف و الملف الثانوي يتكون من أربعة أطراف

فعند وضع طرفي جهاز الميجر على أي طرفين لملف واحد، فإن التيار المستمر كما نعلم لا يرى المعاوقة ولكن يرى المقاومة الأومية فقط التي تكون صغيرة جدا في كلا السطحين فينتج عن ذلك تيار كبير جدا ينتج عنه فيض كبير جدا يؤدي إلى تشبع القلب الحديدي.

وذلك يقلل من قيمة القدرة التي يتم نقلها من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي

لذلك يجب عند فحص لمفات الابتدائي مع وقصر ملفات الثانوي معا عند عملية قياس مقاومة العزل وعبر مسموح بفركهم من غير قصر

2- التيار المتردد في المحول *transformer*

في حالة وجود مغناطيسية مثبته في القلب الحديدي، فعند فصل المحو للصيانة أو لأي سبب آخر وبشغله مرة أخرى، فإن مع علق دائرة المصدر وكانت موجة الجهد تقترب من الصفر فإن موجة التيار تكون قيمة عظمى وبالتالي يكون الفيض قيمة عظمى هذا الفيض الكبير يعمل على تشبع القلب الحديدي.

3- تشغيل المحول على تردد غير التردد المصمم عليه للمحول

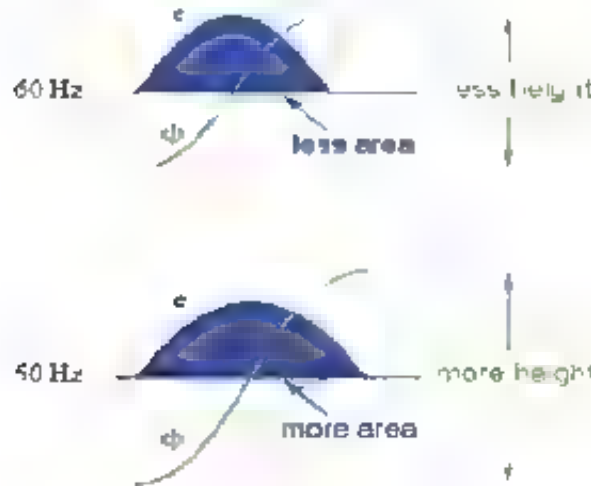
من أحد أسباب التشبع في القلب الحديدي هو تشغيل المحو بتردد أقل من التردد المصمم عليه المحول، فإذا كان المحول مصمما للعمل على تردد 60 هرتز

وتم تشغيله على تردد 50 هرتز وذلك في حالة ثبوت الجهد فيما ملاحظ الآتي :

1- القيمة اللحظية للجهد Instantaneous voltage تتناسب مع القيمة اللحظية لمعدل تغير الفيض بالنسبة للزمن، وحيث إن الجهد ثابت فإن الجهد يصل إلى قيمة ذروة ثابتة Peak Value سواء كان المحرك يعمل على تردد 60 هرتز أو 50 هرتز

2- إذا كان المحرك مصمم للعمل على تردد 60 هرتز وتم تشغيله على تردد 50 هرتز فإن الجهد يصل إلى قيمة الذروة Peak Value في زمن أطول، أي أن الزمن الذي يأخذه الجهد لكي يصل إلى قيمة الذروة عندما يعمل المحرك عند تردد 50 هرتز يكون أطول من الزمن الذي يأخذه الجهد لكي يصل إلى قيمة الذروة عندما يعمل المحرك عند تردد 60 هرتز.

3- حيث إن القيمة اللحظية للجهد Instantaneous voltage تتناسب مع القيمة اللحظية لمعدل تغير الفيض بالنسبة للزمن، فعند زيادة الزمن الذي يصل فيه الجهد إلى قيمة الذروة نجد أن قيمة الفيض سوف تزيد وهذه الزيادة في الفيض قد تسبب تشبع القلب الحديدي للمحرك.



(شكل 49)

12 درجة عزل الملفات في المحولات Winding Insulation Class

حيث إن معلم معاقيد المصزل تظهر كحرارة في القلب سحديدي ولملفات ويأقي أجراء المحول، فإذا زادت درجة حرارة التشغيل Operating temperature بمقدار 1 درجة مئوية فإن المعاقيد الضاسية (معاقيد الحمل Load Loss) تزيد بمقدار 0.4% ويأقالي هذا يؤثر على القدرة التحميمية للمحول، لذلك لابد من معرفة درجة حرارة التشغيل التي يعمل عندها المصزل بدون مشاكل.

والمعادلة التالية يمكن من خلالها معرفة درجة حرارة التشغيل :

درجة حرارة التشغيل = درجة حرارة الوسط المحيط + الارتفاع في درجة الحرارة + درجة حرارة أيقعه الساخنة

$$\text{Operating Temperature} = \text{Ambient temperature} + \text{Temperature rise} + \text{Hot spot}$$

1- درجة حرارة الوسط المحيط Ambient Temperature :

هي درجة حرارة الهواء أو الوسط الذي يعمل فيه للمحول، وقد أوصحت المواصفة العالمية (NEMA National Electrical Manufacturers Association) أن درجة حرارة الوسط المحيط Ambient temperature هي 40 درجة مئوية

2- الارتفاع في درجة الحرارة Temperature Rise :

هي الزيادة في درجة الحرارة المسموح بها عن درجة حرارة الوسط المحيط، وهي تعتمد على تحميل المحول

3- درجة حرارة البقعة الساخنة Hot Spot Temperature :

حيث إن درجة حرارة المنصت غير متطمة أو متماثلة عند كل نقطة في الملف، لذا يتم إضافة عامل أمان لحساب درجة حرارة أجراء من الملفات تكون أكثر سخونة من الموقع الذي يتم فيه قياس درجة الحرارة، ويتم احتساب هذا المعام بمقدار 10 درجة مئوية

١. أقصى درجة حرارة تشغيل Maximum Operating Transformer

هي أقصى درجة حرارة تشغيل يعمل عندها المحول بدون حدوث أي تلف لمكونات المحول، وعند زيادة درجة حرارة التشغيل يتعداها 10 درجات مئوية فإن عمر المحول يقل إلى النصف وتطبق المواصفة العالمية NEMA يتم تصنيع مواد العزل في المحولات لتحمل درجات حرارة التشغيل وقد تم تسمية درجات العزل Insulation Class بحروف، وكل حرف يبين أقصى درجة حرارة يتحملها العزل، فمثلاً لحرف A يدل على أن أقصى درجة حرارة تشغيل هي 105 درجة مئوية

والجدول التالي يوضح درجات العزل Insulation Class وأقصى درجة حرارة تشغيل.

Temperature Insulation Class درجة العزل	Ambient temperature °C درجة حرارة الوسط المحيط	temperature rise °C الارتفاع في درجة الحرارة	Winding hot spot °C القيمة القصوى في المحولات	Maximum Operating Temperature °C أقصى درجة حرارة تشغيل
Y	40	40	10	90 °C
A	40	60	5	105 °C
B	40	85	10	130 °C
P	40	105	10	155 °C
II	40	130	10	180 °C

فمثلاً إن تم تصميم محول وتم حساب الارتفاع في درجة الحرارة على أن يكون 75 درجة مئوية، فإن أقصى درجة حرارة تشغيل $105 - 10 + 75 = 125$ درجة مئوية وبالتالي سوف تكون درجة العزل Insulation Class B، ولكن إذا فرضنا أن درجة حرارة الوسط الذي سوف يعمل فيه هذا المحول تساوي 55 درجة مئوية فإن أقصى درجة حرارة تشغيل $130 - 10 + 75 + 55 = 140$ درجة مئوية هنا يتطلب ذلك

رفع درجة يعزل من Insulation Class B إلى Insulation Class F، وفي حالة عدم القدرة لاختيار مواد عازلة تناسب درجة من Insulation Class F يتم العمل على خفض الارتفاع في درجة الحرارة عن طريق استخدام موصلات نحاس ذات مساحة كبير أو مواد عالية الجودة لتصبح القلب الحديدي أو استخدام وسائل تبريد لجعل الارتفاع في درجة الحرارة أقل ما يمكن.

١٢ كفاءة المحول

هي النسبة بين القدرة الكهربائية في الملف الثانوي إلى القدرة الكهربائية في الملف الابتدائي أو هي النسبة بين قدرة الملف الثانوي بقدرة الملف الابتدائي

$$\eta = \frac{\text{Power output}}{\text{Power input}}$$

$$\text{Power output} = \text{Power input} - \text{Total losses}$$

$$\text{Power input} = \text{Power output} + P_i + P_{Cu}$$

$$\eta = \frac{\text{Power output}}{\text{Power input}} = \frac{\text{Power output}}{\text{Power output} + P_i + P_{Cu}}$$

$$\eta_{\%} = \frac{P_{out}}{P_i + P_{sc} + P_{oc}} \cdot 100$$

ومن اختياري الـ Short circuit والـ Open circuit يمكن قياس كل من PSC- POC

مباشرة من عداد لواتميتر المستخدم في الاختبارين

كفاءة اليوم الكامل All day efficiency

النسبة بين القدرة الكهربائية في الملف الثانوي إلى القدرة الكهربائية في الملف الابتدائي تسمى كفاءة المحو التجارية، ولكن نظراً لاختلاف ظروف التحميل خلال اليوم، فمعايير الملف الحديدي تكون طرل اليوم (هالما يكون المحول في الخدمة) ولكن معايير النحاس تكون فقط عندما يتم تحميل لمحول.

لذلك لحساب انكفاءه بطريقة دقيقة، يتم حسابها خلال اليوم الكامل كالتالي

$$\eta_{\text{all,day}} = \frac{\text{Output in kWh}}{\text{Input in kWh}} \text{ (for 24 hours)}$$

من المعادلة السابقة نلاحظ أن كفاءة المحول التجارية تكون أكبر من كفاءة اليوم الكامل للمحولات.

14- القطبية في المحولات Polarity

القطبية في المحولات هي العلاقة الاتجاهية بين القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالحث في كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي، حيث إن جهود E1 & E2 المتولدة بالحث في الملف الابتدائي والملف الثانوي يتم الحصول عليهم من نفس الحث المتبادل Mutual flux، وهي تشير إلى طريقة خروج الأطراف الخارجية للمحولات.

وترجع ضرورة دراسة القطبية إلى التالي

1- التركيب الصحيح للمحول الثلاثي الأوجه المكون من ثلاثة محولات أحادية البرج Three phase transformer banks.

2- عمل المحولات على التوازي

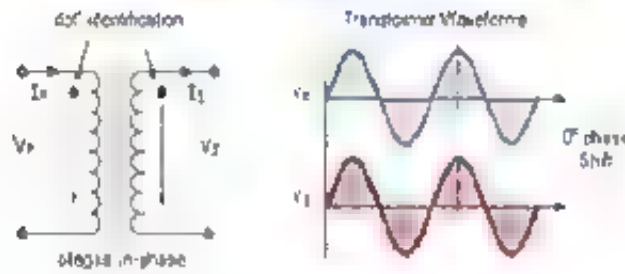
3- التوصيل للصحيح لمحولات الأجهزة Potential and current transformers

وتعتمد القطبية بين ملفي المحول على عدة عوامل منها

1- طريقة لف الملفين .

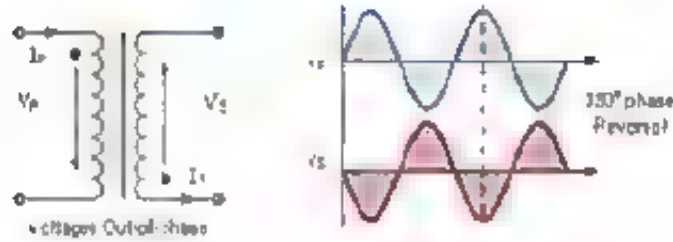
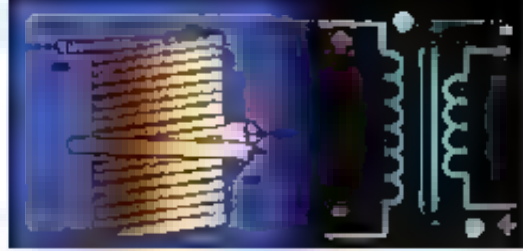
فإذا كان الملف الابتدائي ملفونا في اتجاه عقارب الساعة من أعلى إلى أسفل والملف الثانوي معقوفا في نفس الاتجاه أي في اتجاه عقارب الساعة، وحيث إن اتجاه الفيض المتولد في الملف الابتدائي هو نفس اتجاه الفيض المتولد في الملف الثانوي لذلك يكونون في نفس لوجه in phase أي إذا كان الطرف العلوي للملف الابتدائي يمثل أعلى قيمة للجهد فإن الطرف العلوي للملف الثانوي يمثل أعلى قيمة للجهد أيضا، وتسمى القطبية في هذه الحالة قطبية

جمع Additive Polarity ومع الاتفاق على بيان نوع القطبية على ترقيم النقطة Dot identification، ما إذا تم وضع نقطة مستديرة مظلمة أعلى كل ملف فهذا يعني أن القطبية تعتبر قطبية جمع أي أن الجهد المتولد بالحث في الملف الابتدائي والملف الثانوي في نفس الوجه (الزاوية بينهم تساوي صفر).



الشكل (١٩٥)

ملاحظة: تم عكس اتجاه الملف كأن يكون الملف الابتدائي متفوقها في اتجاه عقارب الساعة والملف الثانوي معوقها في اتجاه عكس عقارب الساعة فنلاحظ أنه إذا كان الطرف العلوي للملف الابتدائي يمثل أعلى قيمة للجهد من الطرف السفلي للملف الثانوي يمثل أعلى قيمة للجهد فيتم وضع نقطة أعلى الملف الابتدائي ونقطة أسفل الملف الثانوي وتعتبر القطبية في هذه الحالة قطبية طرح Subtractive Polarity أي أن الجهد المتولد بالحث في الملف الابتدائي والملف الثانوي بينهم زاوية 180°



(شكل 133)

2- طريقة توصيل الملفات داخل المحول

في حالة المحول أحادي الوجه من الرأية بين الملعين (الابتدئي والثانوي) إما تكون صفراً إذا كان الملفان ملفوفين في نفس الاتجاه أو تساوي 180° إذا كان الملفان ملفوفين في عكس الاتجاه. وإذا كان للمحول ثلاثي الوجه Three phase فإن الرأية بين الملف الابتدائي والملف الثانوي من الممكن أن تكون 0° أو 30° أو 60° أو 90° أو 120° أو 150° أو 180° أي أن جهد لابتدائي والثانوي إما أن يكون في نفس الوجه in phase أو يكون بعينهم إزاحة بمقدار زاوية معينة

3- طريقة توصيل أطراف الملفات الخارجية

وهناك حروف وأرقام للإشارة إلى أطراف المحولات منها

1- H1, H2, H3 لأطراف الجهد العالي، X1, X2, X3 لأطراف الجهد المنخفض

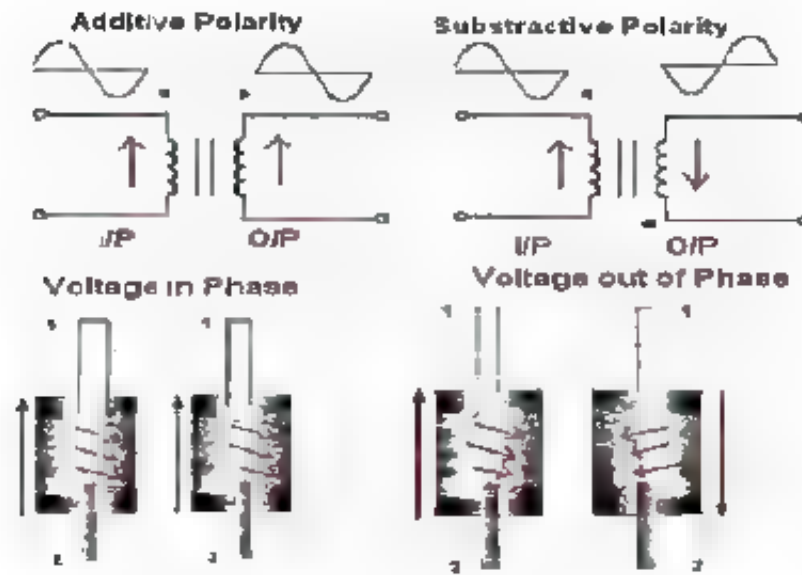
2- A2, B2, C2 لأطراف الجهد العالي، a1, b1, c1 لأطراف الجهد المنخفض.

3- 1U, 1V, 1W لأطراف الجهد العالي، 2U, 2V, 2W لأطراف الجهد المنخفض.

ويكون اتجاه قوة الدافعة المتولدة بالحث من الحرف ذي الرقم الأصغر إلى الحرف ذي الرقم الأكبر

اختبار القطبية :

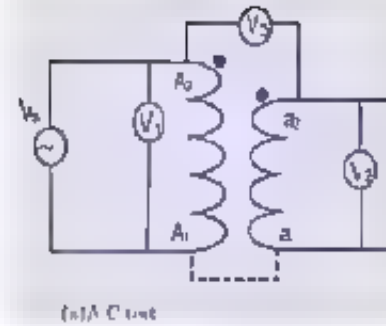
يمكن عمل اختبار تحديد القطبية إما بالجهد المتردد أو بالجهد المستمر كالآتي



الشكل (152)

أولاً تحديد القطبية بالجهد المتردد

- 1- ربط الطرفين A1 في الملف الابتدائي والحرف a1 في الملف الثانوي.
- 2- تركيب ثلاثة موفتميلتر لقياس الجهود V_1 , V_2 & V_3 .
- 3- تسليط جهد متردد V_s (الجهد الاسمي للملفات لجهد المنخفض) على أطراف الملف الابتدائي
- 4- إذا كان الجهد $V_3 = V_1 - V_2$ فتكون القطبية سليمة وهي قطبية جمع.



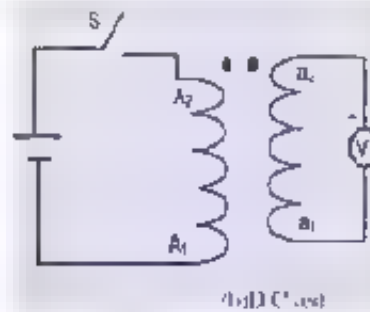
الشكل (153)

تالياً ، تعديل القطبية بـ جهد مستمر

1- يتم توصيل مصدر جهد مستمر ذي جهد مناسب (9 فولت) إلى طرفي الملف الابتدائي من خلال مفتاح توصيل بحيث يوصل لطرف الموجب إلى A2 والطرف السالب إلى A1

2- توصيل أفوميتر تيار مستمر ذي مؤشر صفر تدريج في الوسط إلى أطراف الملف الثانوي بحيث يوصل الطرف الموجب للأفوميتر مع a2 ويوصل الطرف السالب للأفوميتر مع a1 .

3- يتم الضغط على المفتاح لحظة سريعة مع ملاحظة حركة مؤشر الأفوميتر فإنما كانت الحركة في اتجاه التدرج الموجب للأفوميتر كانت قطبية المحو سليمة وهي قطبية جمع وإذا كان العكس تكون انقطبية قطبية طرح.



الشكل (154)

الفصل الثاني

تأريض نقطة التعادل في المحولات

تصمم دوائر وشبكات انقري الكهربيه بحيث تعمل بصورة متماثل على الأطوار والخطوط الثلاثة وبحيث يكون مجموع التيارات في الخطوط الثلاثة مساوية للصفر وذلك في حالة التماثل التام وبهذا الأداء يتحقق الاتي

1 نقطة التعادل N هي نقطة اشتراك الفارات الثلاث حيث تربط الأطراف الثلاثة للفسرات وتتؤخذ بنقطة مشتركة وتخرج مارج لمحول معزولة عن طريق عازل اختراق وجهدها يساوي الصفر (جهد الارض) سواء تم توصيلها بالأرض أم لا، وإذا تم توصيل نقطة التعادل بالأرض فلا يمر تيار بينهما

3 التيار المار في سلك التعادل يساوي الصفر وبذلك فإن جهد هذا السلك يساوي الصفر أيضا (جهد الأرض)، وهذه الحالة مثالية لا تحدث عادة في ظروف التشغيل العادي بل لرا لعدم إمكانية تحقق التماثل التام بين الأطوار الثلاثة

وبذلك تصبح الحالة العادية لتشغيل كالاتي

1- تيارات الخطوط الثلاثة غير متماثلة، وبذلك فإن مجموعها لا يساوي الصفر، ويمر هذا المجموع في سلك التعادل ويعرف باسم تيار التعادل Neutral Current وهو لا يتعدى حوالي 8% من تيار المرجح في حالات التشغيل العادية

2- ينتج عن ذلك ارتفاع جهد نقطة التعادل إذا كانت غير موصلة بالأرض، أما إذا تم توصيلها بالأرض فإنها تحتفظ بجهد مساوي للصفر (جهد الأرض) عند نقطة التوصيل بالأرض فقط أما سلك التعادل فإن جهده

جسدي الصفر عند نقطة التعادل، إلا أن هذا الجهد يرتفع على السلك كلما ابتعدنا عن نقطة التأريض.

ويتم عدة تأريض نقطة التعادل بالأرض إما بصورة مباشرة أو من خلال معاوقة منخفضة لضمان أداء الشبكة بصورة سليمة أثناء القصر الأرضي وتحقيق ما يلي

1- عدم حدوث ارتفاعات شديدة في جهود نقطة التعادل وكذلك لخطوط السليمة

2- تحقيق قيمة عالية بتيارات قصر الدائرة تكون كافية لتشغيل أجهزة الحماية والفصل.

3- تحقيق أداء جيد لمنظومة التأريض الوقائي Proactive Earthing .

1- حماية الأفراد من محاصر الصدمات الكهربائية غير المباشرة والتي تحدث نتيجة بتلامس الفرد مع جسم معدني غير مكهرب أثناء فترة مرور تيار القصر الأرضي

يوجد ثلاث طرق لتأريض نقطة التعادل في المحولات، وذلك بغرض تحديد أو تقليل تيار القصر إلى قيم مناسبة لتشغيل أجهزة الحماية مع الأرضي هي :

1- النظام المعزول Neural Isolated .

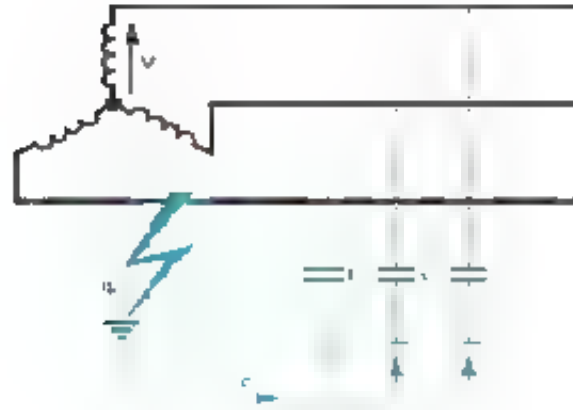
2- التوصيل المباشر مع الأرض Neutral Solidly earthed

3- التوصيل مع الأرض عن طريق معاوقة Impedance Earthing

أولاً : النظام المعزول Neural Isolated

في هذا النظام لا يوجد اتصال بين نقطة التعادل Neutral والأرض earth، وحيث إن أي موصلين بينهما مدة عازلة يمكن تمثيله بمكثف فسوف يتكون مكثف بين الأرض، وأي موصل ويتكون مكثف أيضاً بين أي موصلين، ولذلك يمكن القول بأنه في حالة النظام ذي الثلاثة أوجه يوجد بين كل وجهين مكثف وتتشكل مجموعة هذه المكثفات توصيلة ذات Delta وحيث إن مجموعة هذه المكثفات غير متصلة بالأرض فليس لها تأثير لذلك يتم إهمالها، وكذلك

يوجد بين كل وجه والأرض مكثف، ويسئل هذه المكثفات توصيلة بجمة SCOT وتكون التيارات $ICR, ICS \& ICT$ متساوية ويكون بينهما زاوية 120° وذلك في حالة مصدر جهد ثلاثي متزن ويكون جهد نقطة لتعاين للمكثفات هو جهد الأرض، وبالتالي يكون جهد نقطة التعادل لمحول هو جهد الأرض أيضا وحيث إن النظام متزن يمكن القول بأن النظام مؤرض خلال مجموعة المكثفات الافتراضية $(CR, CS \& CT)$ وفي هذا النظام إذا حدث قصر بين أي وجه والأرض فإن التيار السعوي يمر بالوجهين الآخرين خلال المكثف بين الأرض والفضة وهذا التيار السعوي يكون غير كاف لتشغيل أجهزة الوقاية ولكن يساعد على استمرار بقاء القوس الكهربائي خلال العوازل للرجع العاطل وذلك يؤدي إلى زيادة الجهد على الوجهين الآخرين



الشكل 1.5

التيار المار أثناء العيب Fault current يمكن حسابه كالتالي :

$$IK1 = I_g = 3 \times C \times \omega \times V$$

حيث :

V = جهد الوجة Phase to neutral voltage

C = السعة بين الوجة والأرض Phase to earth capacitance of a phase

$\omega = 2\pi f$ حيث f النسبة الطبيعية 22/7 و P التردد = 50 هيرتز

مميزات هذا النظام :

1- عند حدوث قصر Short مع الأرض فإن تيار القصر يكون صغيرا جدا

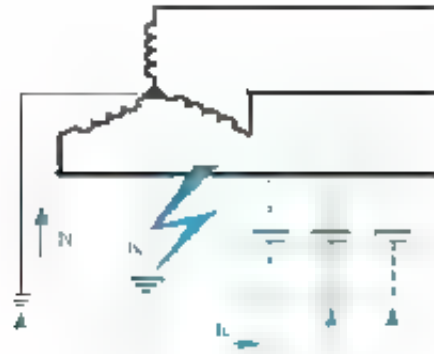
عيوب هذا النظام :

- 1- عند حدوث قصر بين أحد الأوجه Phase ولأرضي فإن الجهد على الوجهين الآخرين (Phase Voltage) سيرتفع إلى قيمة جهد القط Line Voltage، وإذا استمر هذا الجهد على العزل مدة طويلة فقد يسبب انهيار العوازل
- 2- حيث إن قيمة تيار القصر تكون صغيرة فإن هذا التيار لا يكفي لتشغيل أجهزة الوقاية.
- 3- قد يشأ قوس كهربائي مستمر Arcing Voltage بين الخط والأرض عند حدوث قصر
- 4- في حالة حدوث قصر لا يمكن تعديله بسهولة.

ثانياً، التوصيل المباشر مع الأرض Neutral solidly earthed

في هذا النظام يتم لتوصيل بين نقطة التعادل Neutral والأرض Earth من طريق كابن أرضي ولا يوجد أي معاوقة بين نقطة التعادل والأرض، وفي هذا النظام ينض فاصل أرضي نقطة المعادل عن أرضي جسم المحول حتى لا يرتفع جهد على جسم المحول أثناء حدوث قصر بين أي وجه والأرض، وهذه الحالة هي المتبعة بمحولات التوزيع حيث إن طرف المعادل الخارج من المحول جهة الجهد المنخفض (380 فولت) يتم تأريضه مباشرة، ويتم فيه

موصول نقطة التعادل بالأرض مباشرة دون وجود أي معاوقة بينهم وهو
أرخص أنواع التأسيس



الشكل (56)

مميزات هذا النظام :

1- عند حدوث قصر بين أحد الأوجه والأرضي فإن الجهد على الوجهين
الآخرين سوف يصبح ثابت ولا يتأثر باللصق وهذا النظام مناسب في
شبكات الجهد المنخفض، حيث لا يتم فقد كل التغذية عند حدوث قصر مع
الأرضي

2- وجود مسار لتيار القصر يعمل على تشغيل أجهزة الوقاية.

3- لا يسبب قوس كهربائي مستمر بين الخط والأرض عند حدوث قصر، لأن تيار
القصر يمر في دائرة القصر من الخط إلى نقطة لتعادل خلال الأرض.

عيوب هذا النظام :

- 1- تيار قصر في حالة القصر مع الأرضي يكون كبير وقد يتعدى قيمة تيار
القصر على الأوجه الثلاثة، مما يستلزم مفاتيح لها سعات فصل كبيرة
وقد يتلف العوازل أو الكابلات أو يحرق ملعات المحو أو يهبط أضعف
- 2- تيار القصر الكبير قد يحتوي على مركبات ذات تردد عالي قد تتدخل مع
دوائر الاتصالات.

ثالثاً، التوصيل مع الأرض عن طريق معاوقة Impedance Earthing

يوجد ثلاثة أنواع من التأسيس خلال معاوقته هي ،

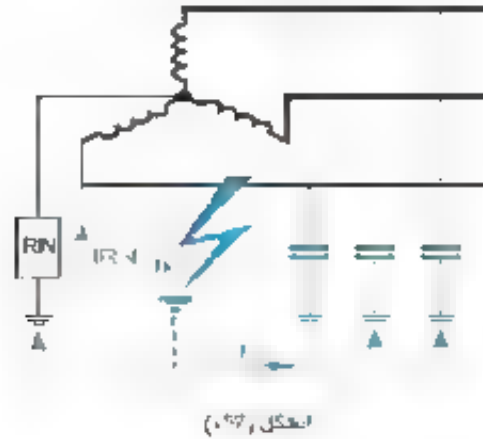
1- تأسيس نقطة التعادل خلال مقاومة Resistance Earthing

2- تأسيس نقطة التعادل خلال ملف Reactor Earthing

3- تأسيس نقطة التعادل خلال ملف بيترسون Petersen Coil Earthing

أولاً تأسيس نقطة التعادل خلال مقاومة Resistance Earthing

في هذا النظام يتم توصيل مقاومة مناسبة بين نقطة التعادل والأرض وذلك للحد من تيار القصر، ويتم تحديد قيمة مقاومة المأويص تبعاً لقيمة تيار القصر المراد مروره وقت القصر وهي الحالة المتبعة في محطات المحولات حيث تؤرض نقطة التعادل جهة 11 ك.ف أو 6.6 ك.ف من خلال مقاومة مقدارها 20 أوم أو 12 أوم أو 10.58 أوم



وبهذا المقدم نلاحظ الآتي ،

1- تيار الخط الأرضي يسوي I_k وهو يسوي مجموع التيار I_{RN} وهو يمر في المقاومة واختيار I_C وهو مجموع التيار السعوي، Capacitive current في النظام، ويجب أن يكون التيار الذي يمر في المقاومة أكبر من أو يسوي التيار سعوي ($I_{RN} \geq I_C$)

2 يستخدم هذا النظام في محطات التوزيع Distribution systems التي يكون فيها تيار العطب الأرضي حوالي 100 أمبير إلى 300 أمبير وهذا التيار يمكن تحديده بسهولة عن طريق أجهزة الوقاية

معيونات التأريض خلال مقاومة

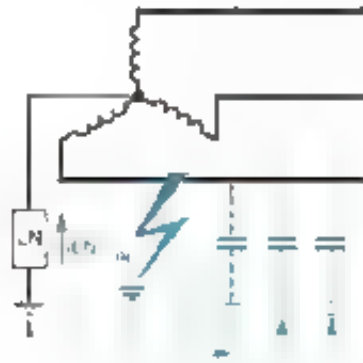
= يكون تيار القصر كافياً لتشغيل أجهزة الوقاية.

2= تقليل مخاطر انقوس الكهربائي وبالتالي تقليل مخاطر الجهد الانفجائية العالية التي تحدث في نظم التأريض المعزولة.

3. وجود المقاومة يحد من تيار القصر وفي الوقت نفسه يحول مرور هذا التيار دون ارتفاع الجهد لنقطة التعادل ارتفاعاً كبيراً مما يحد من ارتفاعات الجهد المصاحبة للأخطاء وهذا بدوره يحد من عمرها افتراضياً أطول للعوازل والآلات المتصلة بالمنظومة

ثانياً، تأريض نقطة التعادل خلال ملف Reactance Earthing

في هذا النظام يتم توصيل ملف بين نقطة التعادل Neutral والأرض Earth وذلك للحد من تيار القصر وهذا النظام هو حالة وسط بين التأريض المباشر بنقطة التعادل وبين أسأريض من خلال مقاومة، وهذا النظام يستخدم عادة في شبكات الجهد العالي



الشكل (١٢٨)

وبإلا هذا النظام بلاحظ الآتي :

1 - تيار الخطأ الأرضي يسوي I_{KI} وهو يساوي مجموع التيار I_{LN} وهو يمر في الملف والتيار I_C وهو مجموع التيار السعوي $I_{Capacitive current}$ في النظام $Power system$ ويجب أن يكون التيار الذي يمر في الملف أكبر بكثير من التيار السعوي.

2- يستخدم هذا النظام في محطات القوريج $Distribution systems$ التي يكون فيها تيار الخطأ الأرضي حوالي 300 أمبير إلى 1000 أمبير وهذا التيار يمكن تعديده بسهولة عن طريق أجهزة الوقاية.

مميزات نظام التأريض خلال ملف

- 1- يكون تيار القصر كالمب لتشتتين أجهزة الوقاية
- 2- في شبكات جهد عالي يكون هذا النظام أرخص من نظام التاريس خلال مقاومة
- 3- يكون تيار القصر أقل منه في نظام للتأريض المبالغ
- 4 - الملف له مقاومة مادية صغيرة وبالتالي لا يشع كميات كبيرة من الحرارة، لذلك يمكن أن يكون الملف صغير الحجم.
- 5- تقليل مخاطر الجهود العشائية العالية، فالجهود العابرة $Transient Voltage$ تعرف بأنها الانحراف المفجئ والمحدد عن مستوى جهد الاسمي وتستمر من 200 ميكروثانية حتى نصف ثانية، ومن أسباب حدوث الجهود العابرة ما يلي

1- شرارات الصواعق،

وهي شحنات كهربائية تحدث من السحب على شكل برق ذو ترددات عالية وجهد مرتفع وتهبط على الأماكن المرتفعة مثل قمم الجبال والعمارات العالية والمآذن وخطوط الكهرباء والأشجار والأسوار وقد تدمر المكان الذي تنزل عليه، وتتكون هذه اشعاعات عندما تنش السحب في طبقات الجو العليا وتعرضها للاحتكاك بفعل العواصف والرياح وتعرضها للأشعة الكونية فبن ذلك يتسبب في شحن بعض السحب بالإلكترونات الزائدة عن حاجتها وتعملها في حالة

مصنطرية وغير مستقره مما يجعلها تتخلص من هذه الشحنات على شكل تفريغ كهربائي في سحابة أو طائفة تمر بالقرب منها أو تنته إلى الأرض لتفريغ شحناتها في الأماكن العالية من سطح الأرض.

ب- الكهرباء الاستاتيكية :

وهي عبارة عن شحنات كهربائية يصل بعضها إلى جهود مرتفعة جداً وتتولد نتيجة للاحتكاك بين مادتين مختلفتين مما يسبب انتقال بعض الإلكترونات من أحدهما إلى الأخرى فالمادة التي أخذت إلكترونات تصبح سالبة والتي فقدت الإلكترونات تصبح موجبة وتصبح هاتين المادتين في حالة غير مستقرة إلى أن تعود كل منها إلى وضعها الطبيعي وعند تحرك هذه الشحنات يحصل سريان لحظي للتيار الكهربائي كما تحصل شرارة كهربائية عند تحرك الشحنات من موقع إلى آخر عبر الجو أي عندما تفقر تلك الشحنات من جسم ذي كمية عاتية من الشحنات إلى الجسم الأخر ذي شحنات أقل

ج- فصل وتوصيل الدوائر الكهربائية :

تحدث الشرارة الكهربائية على ملامسات كل قطب عند لحظة تماسها كذلك عند لحظة ابتعادها، وسبب حدوث هذه الشرارة هو تأخر الهواء (كمسر غارليته) الموجود ضمن مسافة معينة وفي لحظة معينة بين الملامس المتحرك واللامس الثابت بسبب فرق الجهد الموحد بينهم والذي يتولد نتيجة الطاقة المخزنة في ملفات المعدات (محركات - محولات - مولدات - ملفات خائفة -) وهذا الجهد يتم التعبير عنه بالمعادلة التالية

$$e = L \frac{di}{dt}$$

وترباد هذه الشرارة كلما ازداد الغرق وكذلك كلما ازداد تشبع الهواء بالرطوبة والغبار

د تشغيل الكتمات،

في لدوائر الكهربية التي تحتوي على مكثفات فإن التيار يسبق الجهد بزاوية مقداره 90 درجة، فإذا تم خروج مكثف من الدائرة في اللحظة التي يكون فيها الجهد عند أقصى قيمة في الاتجاه المسام، فعند دخول مكثف في الدائرة مرة أخرى في اللحظة التي يكون فيها الجهد عند أقصى قيمة في الاتجاه العرجب فإن الجهد على المكثف يكون في هذه الحالة ضعف قيمة الجهد كما في الشكل التالي

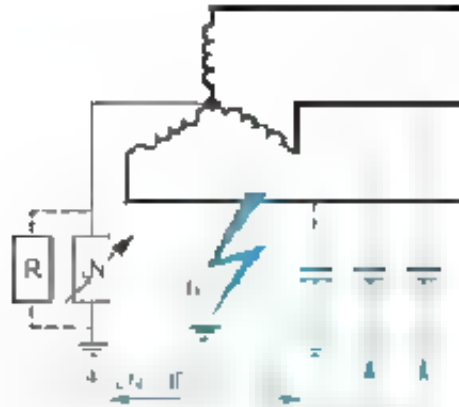


(الشكل 199)

ثالثاً، ترتيب نقطة التعادل خلال ملف بيترسون Petersen Coil Farthed

يطلق على هذا النظام ملف بيترسون أو ملف إخماد القوس الكهربي Arc Suppression Coil وفي هذا النظام يتم إضافة ملف إخماد القوس كهربي خلال نقطة التعادل لمحور القدرة، ومن خلال الملف يتم تبادل تيار ملف إخماد القوس مع انقبار السعوي بحيث يكون تيار القصر الارضي وهو الفرق بين تيار الملف والتيار السعوي صغير جداً أو يساوي صفر، وبالتالي يتم تقليل عدد مرات الفصل عند حدوث قصر لوجه مع الأرض حيث يتم التخلص من المعطل ذاتياً عن طريق معادلة التيار التأثيري بالتيار السعوي للدائرة، فإذا كان إقبار

المار في الملف II إلى الأرض فإنه يتم ضبط خطوط الملف بحيث يتساري تيار المعاندة II مع لتيار سعري IC وبني هذه المعاندة يصبح تيار العصور للوحة مع الأرض يساوي صفرا.



شكل 60

في هذا النظام يتم تعويض التيار المستوي الموجود بالنظام Power system. تتيار الخط الأرضي يساوي I_{KA} وهو يساوي مجموع التيار تحت I_{LN} وهو يمر في الملف والتيار IC وهو مجموع التيار السعري Capacitive current في النظام Power system بحيث إن اتجاه هذين التيارين معكوس فيلاشي كلا منهما الآخر.

مميزات هذا النظام

- 1- يكون تيار انقصور صغير جد حتى لو كان للتيار السعوي كبيرا
- 2- يتم الحد من جهد القوس Touch voltage عند مكان العطل.
- 3- يتم استمرار المنظومة في العمل حتى في حالة الأخطاء الدائمة.
- 4- يتم بيان العطل عن طريق التيار المار في الملف ويكون كافي لتقنين أجهزة الوقاية

الفصل الثالث

اختيار محولات التوزيع

اختيار محولات التوزيع

هناك عدة عوامل يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار المحولات هي

- 1- عو من تخصص المصدر
- 2- عو من تخصص المكان الذي سيعمل فيه المحول و لوسط المحيط
- 3- عو من تخصص المحول نفسه
- 4- عو من تخصص الحمل وظروف التشغيل.

أولاً : العوامل التي تخص المصدر

- 1- (جهد الدخول) جهد الابتدائي وهو جهد المصدر Source voltage
- 2- تردد المصدر Frequency

ثانياً : العوامل التي تخص المكان الذي سيعمل فيه المحول والوسط المحيط

- 1- درجة حرارة الوسط المحيط Ambient temperature ويتم اعتباره 40°C ، حيث يتم التعديل في تحميل المحول عند زيادة درجة الحرارة، فكل زيادة بمقدار 10 درجات عن درجة حرارة الوسط المحيط يتم عمل Derating للمحول بنسبة 8% من قدرة المحول.
- 2- أقصى ارتفاع يحمل عليه المحول High altitude فأقصى ارتفاع مسموح به هو 1000 متر فوق سطح البحر، فكل زيادة بمقدار 100 متر عن أقصى ارتفاع مسموح به يتم عمل Derating للمحول بنسبة 0.3% من قدرة المحول والسبب قلّة كثافة الهواء المستخدم لتبريد المحول.
- 3- هل المحول سيعمل داخل المباني Indoor أو خارج المباني Outdoor

ثالثاً ، العوامل التي تخص المحول نفسه

- 1 - طريقة توصيل ملفات الابتدائي والثانوي Star / Delta .
- 2- المجموعة الاتجاهية للمحول (في محولات التوزيع تكون المجموعة الاتجاهية Dyn11).
- 3 - درجة عزل الملفات Insulation class
- 4- جهد المعاوقة للمحول Voltage impedance (Z%)
- 5- مفير الخطوة Tap changer
- 6- الملحقات المطلوبة مع المحول (خزان احتياطي - عداد درجة حرارة لزيوت - عداد درجة حرارة الملفات - يلف تنغيس الضغط - بوخهلر ريلاي - وعاء سليكاجل - عداد مقياس مستوى الزيت).
- 7- للحصول على كفاءة المحول يجب أن يتم تحميل المحول من 60% إلى 80%.

رابعاً ، العوامل التي تخص الحمل وظروف التشغيل

- 1- جهد الخروج (جهد الثانوي) وهو جهد الحمل Load voltage
 - 2- التيار الاسمي للحمل Rated current
 - 3- تردد الحمل وهو لابد أن يساوي تردد المصدر.
 - 4- معامل القدرة للحمل.
 - 5 - تيار بدء للحمل Starting current
 - 6- الهبوط في الجهد Voltage drop .
 - 7- القدرة بالKVA، حيث يتم اختيار قدرة المحول حسب قيمة الأحمال
- فمثلاً إذا كان لدينا محرك ثلاثي الأوجه، قدرته 120 كيلووات، وجهد التشغيل 400 فولت ومعامل القدرة متأخر 0.8 وتردد المحرك 50 هيرتز ويتم تشغيل المحرك عن طريق التوصيل المباشر Direct online وفترض أن مكان عمل المحرك بحواله المحول حتى نتخصص من الهبوط في الجهد الناتج عن طول الكابل بالمتر بين المحرك والمحول ونوع مادة موصل الكابل (نحاس أو ألومنيوم) ونوع مادة العزل للكابل (XLPE أو PVC) ومساحة مقطع الكابل بال مم².

وبالتالي يتم حساب تيار المحرك كالتالي :

$$P = \sqrt{3} V \times I \times \cos \phi$$

$$I = 120000 / 400 \times 1.73 \times 0.8 = 2.7 \text{ A}$$

عند تم اختيار محول قدرته 500 كيلو فولت أمبير، جهد الابتدائي 6600 فولت، جهد الثانوي 400 فولت وتردد المصدر والحمل 50 هيرتز وجهد المعاوضة بهذا المحول % +

فالمعرفة هل هذا المحول مناسب لتغذية الحمل المطلوب حسب الخطوات التالية

1- حساب التيار الاسمي للمحول في الجانب الابتدائي والجانب الثانوي من العلاقة:

$$kVA(3\phi) = \frac{Volts \times Amps \times 1.732}{1000}$$

$$I = 500000 / 400 \times 1.732$$

$$I_{rated\ secondary} = 721.7 \text{ A}$$

$$I_{rated\ primary} = 43.74 \text{ A}$$

2- قدرة المحرك بالكيلو واط أمبير = 150 كيلو واط طبقا للمعدة التالية :

$$kVA(3\phi) = \frac{Volts \times Amps \times 1.732}{1000}$$

او المعادلة

$$kVA = \frac{Wattage}{(1000 \times \text{Power Factor of the load})}$$

3- عند عمر قصير على ملفات الثانوي ، ورفع الجهد تدريجيا من الصفر على ملفات الابتدائي وقياس تيار المحول حتى يوصل إلى القيمة الاسمية للتيار فإن قيمة الجهد الذي يمرر قبعة التيار الكلي تساوي 330 فولت

4- معادلة القصير للمحول

$$(330/721.7) \cdot 16.5 = 0.0277 \Omega$$

وعن طريق تطبيق قانون أوم يكون تيار القصر

$$SCA = 400 / 0.0277 = 14440 \text{ A}$$

3- تيار بقصر للمحول يمكن حسابه أيضا من المعادلة التالية :

$$SCA_{secondary} = (FLA_{secondary} \times 100) / (\%Z_{transformer})$$

$$SCA = 721.7 \times 100 / 5 = 14434 \text{ A}$$

4- سعة المحول القصوى عند التيار القصير الأقصى = 10000 ك ف أ

7- تيار بدء للمحرك (بفرض أن تيار البدء 5 أضعاف التيار الاسمي) = 1085 أمبير

8- حجم المحرك عند البدء = 751.7 ك ف

9- حسب مواصفات ومقاييس NEMA للمحركات يسمح بارتفاع أو

الانخفاض في الجهد بـ 10 % ، عليه فإن الجهد عند بدء التشغيل يجب ألا

يقل عن 360 فولت.

10- مقدار الهبوط في الجهد عند التحميل الكامل للمحول

$$= 0.0277 \times 721.7 = 2.0 \text{ فولت}$$

أي أن الجهد على أطراف المحول عند التحميل الكامل

$$= 400 - 2.0 = 398 \text{ فولت.}$$

11- مقدار الهبوط في الجهد نتيجة تيار بدء للمحرك

$$= 0.0277 \times 1085 = 30 \text{ فولت،}$$

أي أن الجهد على أطراف المحول عند بدء حركة المحرك

$$= 400 - 30 = 370 \text{ فولت.}$$

هذا للمحول مناسب لهذا الحمل بل يمكن إضافة أحمال أخرى.

بعض الاحتياطات عند اختيار المحول

- 1- هي حالة وجود أكثر من محرك يتم الحساب على أساس أكبر محرك في القدرة
- 2- مراعاة قدرة المحول في حالة الأحمال لوجه الواحد Single phase، فمثلاً إذا كان هناك سفن كهربى Heater وجه واحد قدرته 5 ك. ب. أ ، فبتم إضافة 3 × 5 ك. ب. أ على قدرة المحول.
- 3- إذا كان المعرك يتم تشغيله وفصله أكثر من مرة في الساعة يتم زيادة قدرة المحول بقيمة 20 %
- 4- إذا كان معامل الخدمة Service Factor للمحرك يزيد عن 1 فبتم أخذ ذلك في الاعتبار، فمثلاً إذا كان هذا المعامل يساوي 1.5 فبتم زيادة قدرة المحول بنسبة 5 % .

الباب الرابع

خصائص المحول الداخلية

الفصل الأول

الأعطال في المحولات

الأعطال في المحولات Transformers Faults

قبل أن نتحدث عن وقايه المحولات، لابد أن ندرس الأعطال التي تحدث في المحولات حتى يتم الوصول إلى الوقاية المناسبة لإزالة كل عطل ويمكن تقسيم الأعطال في المحولات إلى

1- أعطال داخلية Internal Faults

2- أعطال خارجية External faults

أولاً ، الأعطال الداخلية Internal Faults

الأعطال الداخلية هي الأعطال التي تحدث داخل المحول ومنها :

1- أعطال الملفات Winding Faults : سوء في لفات الملف الابتدائي أو في لفات الملف الثانوي وهي :

أ - أعطال ناتجة عن التلامس أو القصر Short بين لفات الوجه Phase الواحد

(ابتدائي أو ثانوي) Interturn Faults or Turn - Turn Faults

ب- أعطال ناتجة عن التلامس أو القصر بين وجه ووجه آخر Phase to Phase

Faults

ج - أعطال ناتجة عن التلامس أو القصر بين وجه والأرض Phase to Ground

Faults

د- أعطال ناتجة عن قطع في أحد الملفات Open Winding

2- أعطال في أطراف التوصيل Terminal Faults سواء في جانب الملف الابتدائي أو في

جانب الملف الثانوي وهي:

أ- أعطال ناتجة عن التماس أو القصر بين أطراف التوصيل Short Circuit

ب- أعطال ناتجة عن سوء ترابط الأطراف Loose Connection

ج- أعطال ناتجة عن قطع أو فتح في أطراف التوصيل Open Leads

3- أعطال في القلب الحديدي Core Faults وهي:

أعطال ناتجة عن انهيار العزل في القلب Core Insulation failure وحدوث قصر

بين شرائح القلب Shorted Laminations وذلك يؤدي إلى مرور التيارات الدوامية

العالية التي تسبب سخونة القلب الحديدي خاصة عند مسامير الربط وتسبب

أيضا سخونة الزيت وتحلله ويكون غارات يمكن اكتشافها عن طريق جهاز

البوخهلر ريلاي.

4- أعطال في مشير الخطوة Tap Changer Faults

أ- أعطال ميكانيكية Mechanical Faults ناتجة عن تلف في ميكانيزم مشير

الخطوة

ب- أعطال كهربية Electrical Faults

د- أعطال في حرمان (تاتك) المحول Tank Faults وهي:

أ- أعطال ناتجة عن تسرب الزيت من خلال شقوق أو كسور في جسم الخزان،

وهذا يسبب مشاكل كثيرة منها نقص العزل للملفات (الزيت يستخدم

للعزل) ومنها ارتفاع درجة الحرارة (الزيت يستخدم للتبريد)، ويمكن

اكتشاف تسريب الزيت عن طريق جهاز البوخهلر ريلاي.

ب- أعطال ناتجة عن زيادة ضغط الزيت داخل حرمان المحول. فعند زيادة

ضغط الزيت فقد يؤدي ذلك إلى حدوث كسور أو انفجار في جسم الخزان

ج- أعطال ناتجة عن دخول الرطوبة داخل حرمان المحول.

ثانياً : الأعطال الخارجية External Faults

الأعطال الخارجية هي الأعطال التي تحدث خارج المحول ومنها

- 1- أعطال ناتجة عن ظروف العمل غير الطبيعية Abnormal Operating condition :
 - أ- زيادة التحميل Overloading فزيادة التحميل تعني زيادة التيار وزيادة التيار تزيد من المفايد المصاحبة Copper losses مما يزيد من ارتفاع درجة الحرارة مما قد يسبب في انهيار العزل
 - ب- زيادة الجهد Overvoltage

1- زيادة الجهد إما تكون زيادة عابرة Transient Overvoltage تنشأ نتيجة حدوث أخطاء Faults أو فتح وقفل الدوائر الكهربائية Switching أو نتيجة حدوث صواعق Lightning وهذه الصواعق يمكن أن تسبب قصر Short بين لمبات الوجه الواحد (Interturn Faults) أو حدوث قصر بين وجه وجه آخر أو وجه والأرض، ويمكن التخلص من هذا النوع من ارتفاع الجهد عن طريق فتحة استرارية Rod Gap ويطلق عليها أحياناً قرون الحماية

2- زيادة جهد لتشغيل عن الجهد المصمم Power Frequency Overvoltage بهذا الجهد به تأثير سيئ على العزل حيث يزيد من الإجهاد Stress على العزل، وكذلك يزيد من الفيض المغناطيسي (الفيض المغناطيسي يساوي النسبة بين الجهد والتردد $\phi \propto V / f$) والزيادة في الفيض تسبب زيادة في المفايد الحديدية وقد ينحرف بعض من القلب إلى أي أجزاء حديدية في المحول وبالتالي فإن المسامير التي عادة معرضة لكمية قليلة من الفيض يمكن أن تعرض لكمية كبيرة من الفيض وهذا يسبب زيادة سريعة في درجة الحرارة في المسامير مما يسبب تلف العزل. وإذا استمر الرفع فإن درجة الحرارة يمكن أن تسبب انهيار عزل للمفات.

ج- زيادة الفيض Overfluxing وهو يظهر نتيجة زيادة الجهد أو نقص التردد

2- أعطال ناتجة عن الأخطاء الخارجية External faults :

1- أعطال ناتجة عن زيادة التيار Overcurrent

ب- أعطال ناتجة عن خطأ مع الأرضي.

الفصل الثاني

وقاية المحولات

بعد أن تحدثنا عن الأعطال التي تحدث في المحولات، سوف نتحدث عن الوقايات التي من خلالها يتم حماية المحولات من هذه الأعطال.

فيمكن تقسيم وقايات المحول إلى :

1- الوقاية الكهربائية

2- الوقاية الميكانيكية

4- الوقاية الحرارية.

1- الوقاية الكهربائية

تختلف أساليب الحماية الكهربائية المستخدمة في المحولات تبعاً لمستوى القدرة في كل محول، فالمحولات الصغيرة يستخدم فيها العيوز أو المفاتيح فقط للحماية، أما في المحولات الكبيرة فنستخدم مجموعة من الوقايات الكهربائية منها

1- الوقاية الفاصلية.

2- الوقاية ضد زيادة التيار

3- الوقاية ضد التيار الاندفاعي

4- الوقاية ضد الخطأ الأرضي

5- الوقاية ضد زيادة الفيض المغناطيسي.

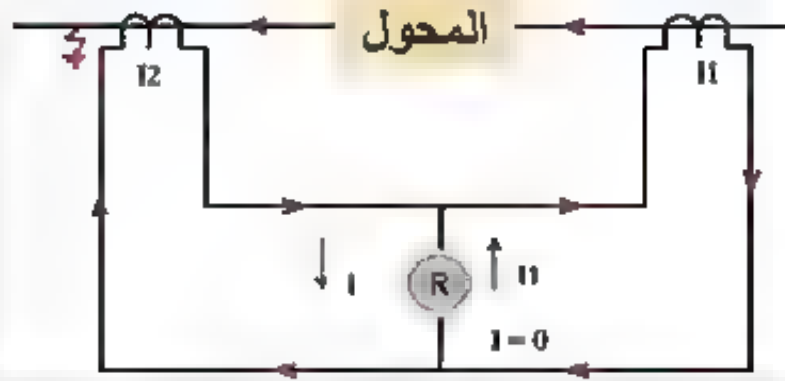
أولاً : الوقاية الفاصلية

نعم هذه الوقاية على أساس التفاصيل، أي المقارنة بين التيار في الملف الابتدائي والملف الثانوي للمحول، وتقوم بحماية المحول من معظم الأخطاء التي تحدث داخل المحول وتمتد حينئذ إلى محولات التيار من جهة الملف الابتدائي ومحولات التيار من جهة الملف الثانوي

في الحالة الطبيعية فإن التيار الدار في المصع لا يتعدائي هو نفسه في العلف الدنوي (مع الأخذ في الاعتبار نسبة التحويل).

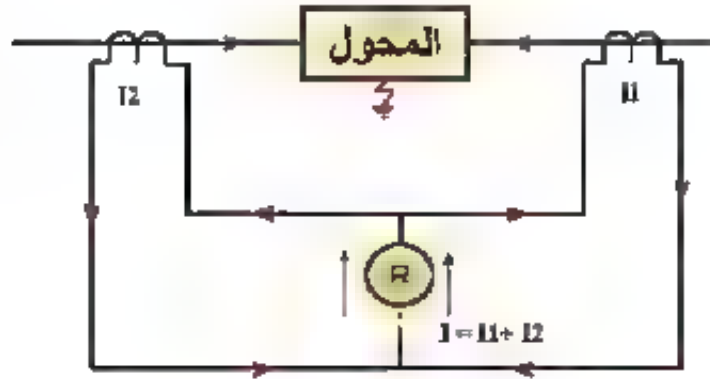
في حالة حدوث أي خلل في منطقة هذه الوقاية (حدوث قصر أرضي لأحد الأطراف أو حدوث قصور في ملفات المحول) فإن التوازن في التيار الداخل والخارج يختل ويمر تيار في الزبلاي ويحدث فصل للمحول من ناحية الجهد العالي ولتخفيض.

أي أنه إذا كان التيار الداخل إلى المنطقة المحمية يساوي التيار الخارج منها فإن هذا يعني عدم وجود عطل في المنطقة المحمية وجهاز الوقاية لا يعمل، وإذا وجد فرق بين التيار الداخل والخارج من المنطقة المحمية يدل على وجود عطل وجهاز الوقاية يعمل لفصل التيار بأسرع ما يمكن الوقاية التفصيلية في حالة حدوث عيب خارج ملفات المحول



الشكل (61)

الوقاية التفاضلية في حالة حدوث عيب داخل ملفات المحول



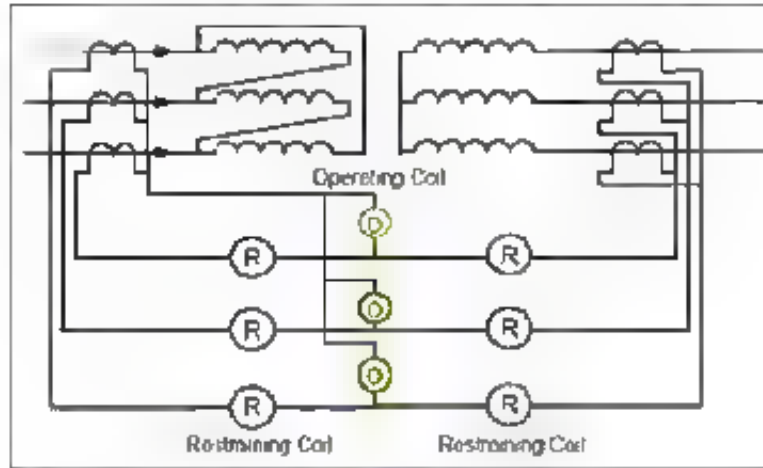
الشكل (62).

وعلى الرغم من أن فكرة عمل الوقاية التفاضلية سهلة وبسيطة، إلا أن تنفيذها في الحياة العملية صعب ومعقد لعدة أسباب منها

1- اختلاف محولات التيار من ناحية النوع أو نسبة التحويل فحتم لو كان محولي التيار من صنع شركة واحدة فمن الممكن أن يكون بينهما فروق تجعل التيار في الجانب الثانوي لكل منهما مختلف عن الآخر حتى لو التيار في الجانب الابتدائي متساوي تماماً، وذلك لوجود عيوب في التصنيع أو حدوث تشبع Saturation لأحد السمولين فتتجه حدوث عطل خارجي ومرور تيار كبير جد عيه، وهذا يؤدي إلى انخفاض قيمة لتيار الذي يقرأه هذا المحول بدرجة كبيرة وسوف ينتج عن ذلك فرق كبير تيار الدخول وتيار الخروج

2 وجود مغير الجهد Tap Changer الذي يغير نسبة التحويل في المحول لمراد وهامة وهذا يؤدي إلى تغير قيمة تيار الجانب ائدى يوجد به معبر الجهد دون حدوث تغير في الجانب الآخر وينتج عن ذلك فرق كبير تيار الدخول وتيار الخروج

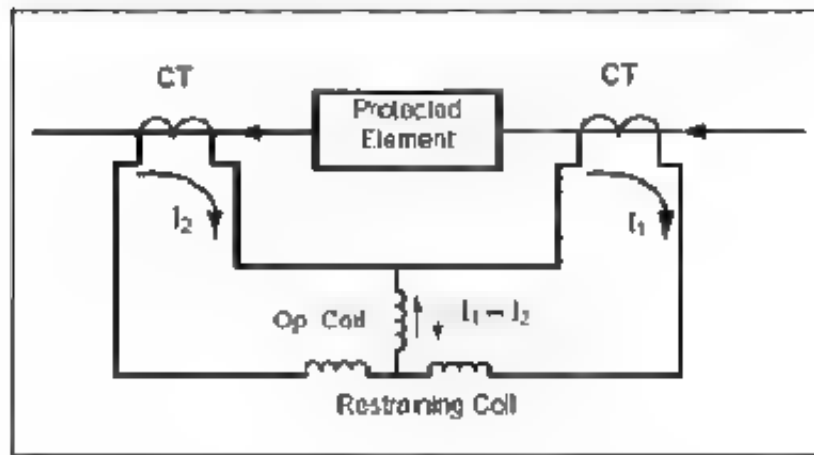
3- اختلاف طريقة توصيل الاوجه في الملف الابتدائي عن الملف الثانوي (دلتا / نجمة أو نجمة / نجمة .. الخ)، حيث إن كل طريقة من هذه الطرق ينشأ عنها علاقة بين التيار الابتدائي والثانوي مختلفة في القيمة والاتجاه عن الطرق الأخرى، وهذا الاختلاف يمكن تجاوز تأثيره عن طريق توصيل محول التيار في الجانب الموصل نجمة على شكل دلتا وتوصيل محول التيار في الجانب الموصل دلتا على شكل نجمة والسكل التالي يوضح طريقة توصيل محولات التيار على محول دلتا - ستار.



الشكل (163)

- 4- وجود مكثفات شاردة Stray Capacitance تكون بسبب لكابلات أو العزل، وهذه المكثفات يتسرب من خلالها جزء من تيار الدخول إلى الأرض مما يترتب عليه اختلاف تيار الدخول عن تيار الخروج حتى لو كان محوّل التيار متماثلين تماماً
- 5- تيار مغنطة الاندفاعي Inrush Current كما نعلم أن هذا التيار يحدث عند توصيل المحول على الجهد قبل تحميله، ويكثر هذا التيار كثيراً ويمر من جهد الملف الابتدائي فقط.

وبذلك يمر هذا التيار في المقادير المتفاضلة كما لو كان تيار قصر مما يسبب التشغيل الفاضل للجهاز. وحيث إن هذا التيار يحتوي على نسبة كبيرة من التوافقيات ابروجية يتم تركيب فلتر خاص بالتوافقيات لزوجية بمنع جهاز الحماية من الاشتغال أثناء ظهور ميار المنطقة الاندفاعي ولعلاج هذه المشاكل فقد أجريت بعض التعديلات على جهاز الحماية التفاضلية ليصبح كالتالي :



الشكل (64)

وهو ببساطة إضافة ملعين مقاومين Restraining Coils في جهاز الحماية بحيث يمر تيار كل محول في ملف، فيمر تيار المحول الأول (I_1) في الملف المقاوم لأول ويمر تيار المحول الثاني (I_2) في الملف المقاوم الثاني، وفي نفس الوقت يمر الفرق بين تباري المحولين Differential Current ويساوي $(I_1 - I_2)$ ويسمى أيضا تيار التشغيل Operating Current ويمر في ملف بتشغيل Operating Coil، فإذا كان التيار الذي يمر في ملف التشغيل أكبر من التيار المحصل الذي يمر في الملف المقاوم وهو يساوي $(I_1 - I_2)$ فسوف يعمل الجهاز ويثوم بفصل الدارة.

عمثلا إذا كان تيار الدخول إلى المحو يسوي $(I_{IR} = 5A)$ وتيار الخروج يسوي $I_{QTP} = 4.5A$ فإن تيار التشغيل يسوي

$$I_{QTP} = 5 - 4.5 = 0.5 A$$

والتيار المحصل اندي يمر في الملف المتناوم يسوي

$$I_{RCS} = 5 + 4.5 / 2 = 4.75 A$$

منجد أنه على الرغم من وجود فرق في التيار بين إلى 0.5 أمبير بين تشاري الدخول والخروج فإن الحبار لا يعمل لأن التيار الذي يمر في ملف التشغيل أقل من للتيار المحصل الذي يمر في الملف المقوم

أما إذا كان تيار الدخول يسوي $(I_{IR} = 20A)$ وتيار الخروج يسوي $(I_{QTP} = 1A)$ فإن تيار تشغيل يسوي

$$I_{QTP} = (20 - 1) = 19 A$$

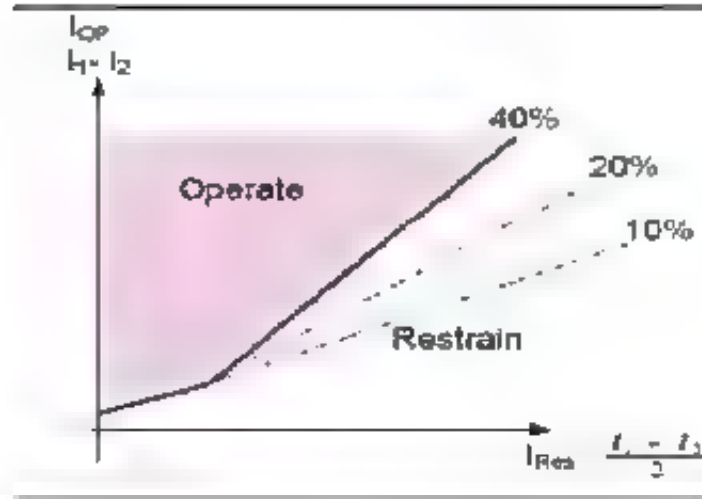
والتيار المحصل اندي يمر في الملف المتناوم يسوي

$$I_{RCS} = 20 + 1 / 2 = 10.5 A$$

فإن الجهاز في هذه الحالة يعمل لأن التيار الذي يمر في ملف التشغيل أكبر من التيار المحصل اندي يمر في الملف المقاوم، ويسمى الحبار في هذه الحالة Biasd Differential Relays أو Percentage Differential Relays

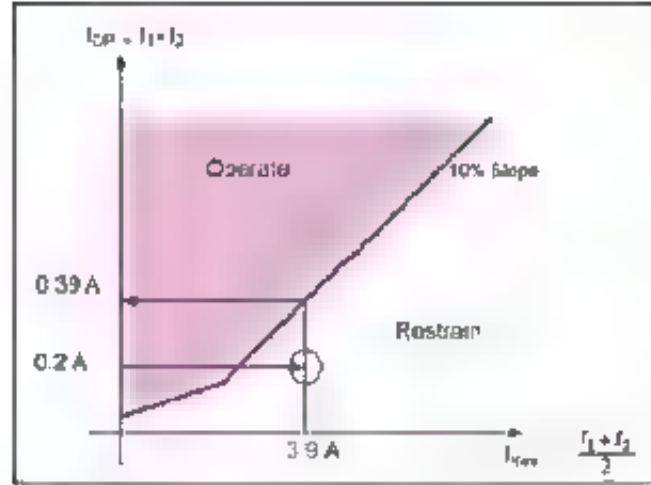
ضبط ميل منطقة التشغيل

لكي يعمل الجهاز بصورة مرضية لابد أن يزيد تيار التشغيل I_{QTP} عن نسبة مئوية ثابتة من تيار المقاومة I_{RCS} والشكل (17a) يوضح العلاقة بين تيار التشغيل وتيار ملف المتناوم ويوضح الميول المختلفة المحددة لمنطق التشغيل



الشكل (175)

وهذا الميل Slope قد يكون 10% أو 20% أو 40% ، وهذا يعني أن تيار التفتيش يلزم أن يكون 10% أو 20% أو 40% من تيار المقنونة حتى يبدأ الجهاز في العمل. ومن الشكل السابق نلاحظ أنه كلما انخفض قيمة الميل كان الجهاز أكثر حساسية للتشعير أي أن كلما انخفضت قيمة الميز كسب نسبة الأخطاء المتوقعة صغيرة وهي التي تؤخذ في الاعتبار عند عدم تماثل معدلات التيار مثلاً فعلى سبيل المثال لو فرضنا أن جهاز ولادة تناضلي به ميل يساوي 0% ، وكان التيار الداخل يساوي 4 أمبير والتيار الخارج يساوي 3.8 أمبير، نجد أن تيار التشغيل $I_{op} = (4 - 3.8 - 0.2 A)$ والتيار المحصل الذي يمر في الملف المقنوم يساوي $(I_{Res} - 4 - 3.8 / 2 - 3.9 A)$ ويتوقع هذه النقطة (3.9 & 0.2) على الرسم. نجد أنها تقع في منطقة Restrained أسفل الخط المائل وهذا يعني أن الجهاز لا يشعر بالعطل، كما بالشكل (175).



الشكل (4.66)

فملاحظ أن Biased Differential Relays تتميز بوجود أكثر من Slope بسا عد في الأحد في الاعتبار حجم الفروق الطبيعية لمترقعا بين تباري الابتدائي والثانوي.

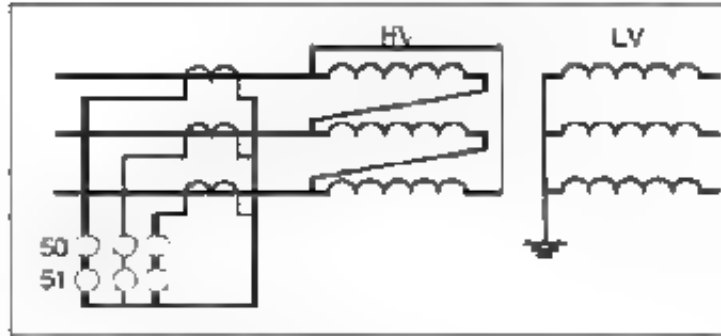
فقد فرضنا أن جهازا مركبا على محول ومطلوب اختيار الميل slope المناسب لهذا الجهاز فإذا فرضنا حدوث تغيير لسعير الجهد Tap Changer للمحول ومن للعيبة نقصوي وهي 5% وهذا يعني أن تيار أحد الجانبين تغير بنسبة 5% وإذا أخذنا في الاعتبار أن هناك عيوبها في تصنيع المحولات تسبب عدم تماثل بينهما قد يصل إلى 10% فيصبح الخطأ الكلي الآن 15% وإذا أصعب مساحة أمان في حدود 5% وبالتالي تصبح نسبة الخطأ بين التباريين لداخلين لجهاز الوقاية في حدود 20% وعلى هذا فتنسب من هو 20%.

ثانياً، الوقاية ضد زيادة التيار

مسالك عطلال لا تكتشفها الرقابة المتعاضليه مثل الاعطال الخارجيه (حالات القصر الخارجى) وكذلك الوقاية ضد زيادة الحس القى تسبب سخونة في المحولات، لذلك يتم استخدام ابوقاية ضد زيادة التيار ابوقاية المحرر من هذا الاعطال. ويمكن تصنيف أجهزة الوناية ضد زيادة التيار من حيث سرعة العمل إلى

- 1- التشغيل اللحظى Instantaneous ورقمة (51)
- 2- التشغيل بتأخير زمنى Time delayed ورقمة (50)

اسطر الشكل (163)

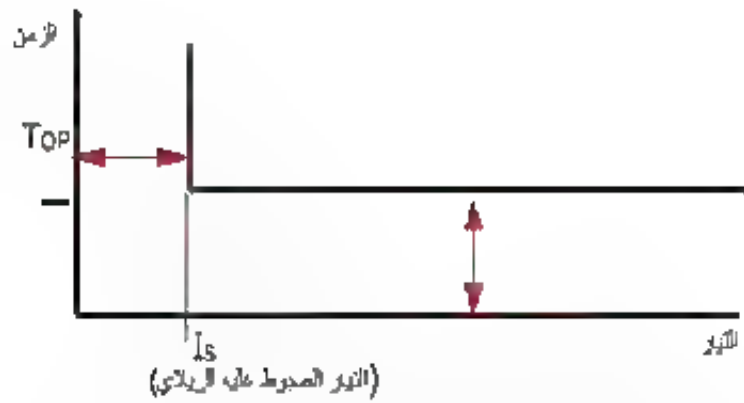


اسطر (163)

خصائص أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار

1- الخاصية المحدودة Define characteristics

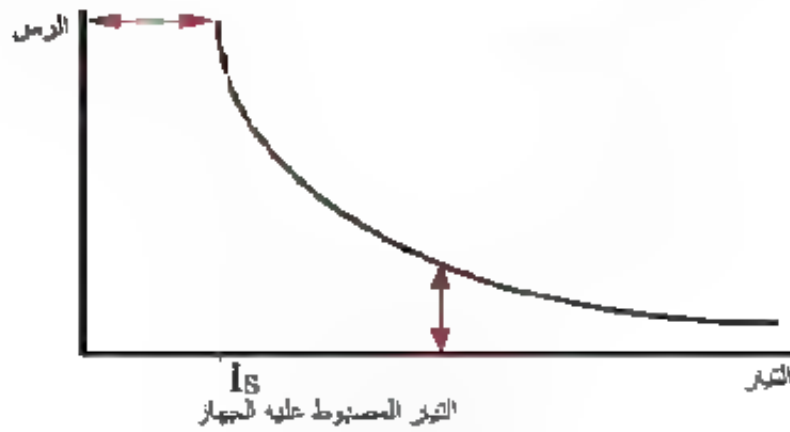
في هذه الخاصية تكون قيمة الزمن ثابتة وهي القيمة المضبوطة على اجهزة مهما تعبرب قيمة التيار الماره بالمتمم.



الشكل (188)

2- الخصائصية العكسية Inverse characteristics

في هذه الخاصية تكون العلاقة بين التيار والزمن عكسية، أي أنه يقل زمن الفحص كلما زادت قيمة التيار.



الشكل (189)

ثالثاً : الوقاية ضد التيار الاندفاعي

وعند دراسة وتصميم موجه التيار الاندفاعي وجد انها تمتد على توافقيات من الدرجة الثانية بصورة كبيرة حيث يمكن أن تصل نسبتها من 10 - 50% من قيمة التيار، يبعث قيمة هذه التوافقيات هي حابة الأعطال الحقيقية لا تتعدى 7% ولذلك يتم وضع فلتر داخل أجهزة الحماية لهذا النوع من التوافقيات، فإذا كانت قيمة التوافقيات الثانية تصل نسبتها من 10 - 20% من قيمة التيار فإن ذلك يعني أن التيار المرتفع هو تيار اندفاعي وليس تيار عطل ولا يتم تشغيل درائر الحماية وبالتالي لا يتم فصل مفتاح المحو.

رابعاً : الوقاية ضد الخطأ الأرضي منطقة محددة Restricted Earth Fault Protection

في حالة المحولات يفصل عدم استخدام أجهزة اوقائية ضد الخطأ الأرضي العادي Earth Fault وذلك لأن تيار العطل غالباً ما يكون منخفضاً وخصوصاً إذا تم تأريض المحول خلال مقبومة، وبالتالي فإن أجهزة الوقاية ضد خطأ الأرضي العادي Earth Fault تكون غير حساسة، كما أنه أي عطل من الممكن أن يتسبب في تشغيل اجهزة حتى ولو كان العطل خارجياً لذلك يتم استخدام أجهزة حماية ضد الخطأ الأرضي بمنطقة محددة، وهو ما يسمى Restricted Earth Fault Protection وفي هذا النوع لا يعمل الجهاز إلا إذا وقع العطل داخل المنطقة المحمية المحددة بمحولات التيار

وفي هذه الحالة تمر قيمتان للتيار داخل جهاز الحماية هما ،

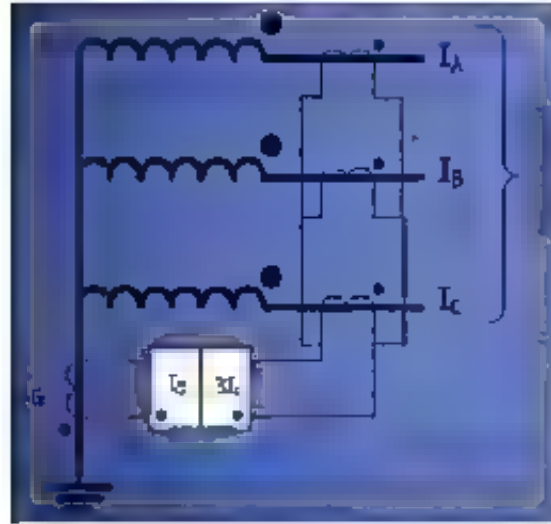
محصلة تيارات محولات التيار الموجودة على الثلاث دارات

$$3I_0 = I_A + I_B + I_C$$

2- التيار المار بمحور التيار في الطرف الأرضي I_0

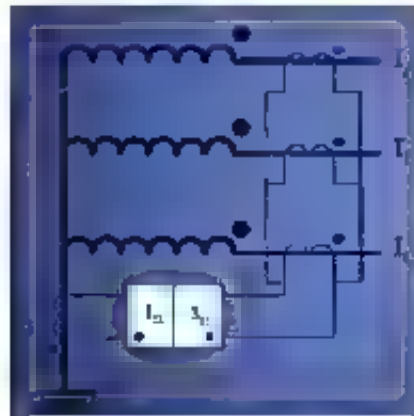
والجهاز لا يعمل إلا إذا كان هذان التياران لهما اتجاه معاكس.

منذ وقع العطل خارج المنطقة المحمية المحددة بمحولات التيار يثبت ملاحظ أن التيارين I_0 و $3I_0$ يكون لهما نفس الاتجاه وبالتالي لا يعمل جهاز الحماية كما في الشكل (١٠٢٩)



الشكل (٢١)

فما إذا وقع العطل داخل المنطقة المحمية المحددة بمحولات التيار فإننا نلاحظ أن التيارين I_0 و I_1 يهبط اتجاه معاكس وبالتالي يعمل جهاز الحماية كما في الشكل (٢٣).



الشكل (٢٣)

خامساً الوقاية ضد الفيض العالي Over Flux Protection

في بعض الأحيان قد يتعرض المحول إلى كميات كبيرة من الفيض المغناطيسي قد تصل إلى حد التشبع، وفي هذه الحالة يزداد مرور اختبارات الدوامية Eddy Currents في كل الأجزاء الحديدية في المحول، لذلك كما ذكرنا فإنه يتم تصنيع القلب الحديدي من شرائح نكي يتم تقليل كمية التيارات الدوامية، ولكن هناك أجراء لا يمكن أن تكون من شرائح مثل القوائم انصافاً للمحول ومسامير الربط وزيادة التيارات الدوامية في هذه الأماكن تزيد من ارتفاع درجة الحرارة مما يؤدي إلى حدوث أضرار بالغة بالمحول. ولكي يتم اكتشاف أن الفيض قد زاد عن القيم المسموح بها فيمكن الاستعانة بالعلاقة التالية.

$$\phi \propto \frac{V}{f}$$

وهي علاقة معروفة توضح أن الفيض المغناطيسي يتناسب طردياً مع الجهد ويتناسب عكسياً مع تردد المصدر وتسمى Volts per Hertz وبالتالي يمكن قياس مقدار الفيض المغناطيسي عن طريق قياس النسبة بين الجهد والتردد، فإذا زاد الجهد بصورة كبيرة وانخفض التردد فإن ذلك يعني زيادة الفيض بشكل كبير ولذلك يتم فصل اسحرل.

2 - الوقاية الميكانيكية

يتم عمل حماية ميكانيكية للمحول عن طريق :

لوقاية ضد دخول الرطوبة (Breathing Device)

2- جهاز الوقاية انقاربية (Buchholz relay)

3- جهاز تنفيس الضغط (pressure relief valve)

ولا الوقاية ضد دخول الرطوبة

حيث إن حجم الزيت يتغير بالزيادة والنقصان تبعاً لدرجة الحرارة، فلا بد أن يصاحب ذلك عملية تنفيس للمحول بمعنى أن يطرد المحول هواء عند ارتفاع درجة الحرارة نتيجة تمدد الزيت، ثم يمتص الهواء عند انخفاض درجة الحرارة ولكن من الممكن دخول الرطوبة داخل المحول عند عملية تنفيس

محاصر دخول الرطوبة للمحول

- 1- هي درجات الحرارة العالية يحدث تفاعل للأكسجين مع الزيت وتحدث أكسدة للزيت ويلتحول إلى محلول حامضي ومع مرور الوقت قد يؤدي إلى تكون رواسب تسد مسارات التبريد للملفات.
- 2- عند حدوث أكسدة للزيت، فإن بعض الأكاسيد تتفاعل مع ورق العزل في درجات الحرارة العالية وتؤدي إلى تآكله.
- 3- الرطوبة تعمل أيضاً على صدأ الحديد والنحاس وذلك بفعل علي شعير خوص الزيت ويتحول من عازل إلى موصل.

كيفية يتم التخلص من الرطوبة

لكي يضمن دخول الهواء جافاً إلى المحول فإن الهواء يمر من خلال وعاء به ملح ماص للرطوبة يسمى السيكاجس (سليكات الألومنيوم).

ويوجد توازن من مادة السيكاجس :

- 1- نوع أبيض شامع على هيئة حبيبات تتحول إلى بني أو برتقالي عندما تمتص الرطوبة

- 2- نوع أزرق ، كئ على هيئة حبيبات تتحول إلى بني أو برتقالي عندما تمتص الرطوبة
- يمكن تجفيف السليكا جل عند درجة حرارة 140 درجة مئوية وإعادة استخدامها ويتم وضع قليل من الزيت أسفل وعاء السليكا جل ، مع ملاحظة أنه لا يستلط مع السليكا جل حتى لا تقلف للأسباب الآتية ،
- لكي تذوب الأموية في الزيت ويدخل الهواء نظيفها
 - لكي تنخفض سرعة الهواء عند مروره في لومت
 - لكي تتغير درجة حرارة الهواء وتصبح مثل درجة حرارة الزيت.



الشكل (172)

ثانياً الوقاية الغازية

- يحدث ارتفاع لدرجة الحرارة داخل المحول والتي قد تصل إلى 350 درجة مئوية للأسباب التالية
- 1 حدوث قصر داخل بانك المحول (قصر داخلي بين وجهين أو بين قطبين في نفس الوجه).
 - 2 أعطال القلب الحديدي للمحول (انهيار وعزل الشرائح الحديدية للقلب

الحديدي للمحور).

3- التوصيلات الكهربائية غير الحيدة لأطراف لتوصيل الملفات

4- في حالة زيادة التحميل

هذا الارتفاع العالي في درجة الحرارة يتسبب في تحلل زيت المحور، إلى غازات والتي تصعد أعلى المحور فوق الزيت، وبالتالي يتصعب له يمكن الاستفادة من ظهور هذه الغازات في بناء وثابة غازية للمحور عن طريق جهاز البوخهلز ريلاي، هي الشكل (173).



الشكل (173)

ملخص عمل البوخهلز ريلاي

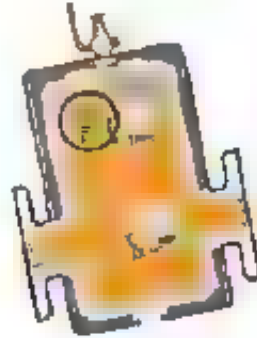
مما سبق يتضح أن البوخهلز ريلاي يقوم بالآتي :

- 1- إصدار نتيجة نقص كمية قليلة من الزيت،
 - 2- فصل نتيجة نقص كمية كبيرة من الزيت نتيجة لتمدد الزيت
 - 3- إصدار عند تجمع الغازات ببطء
 - 4- فصل نتيجة اندفاع الغازات بشكل (في حالة الفحص الكهربائي).
- ويمكن معرفة نوع يعطى الحادث داخل المحور عن طريق اختبار الغازات المتجمعة بجهاز ابوخهلز بالموقع عن طريق تجهيز لهب عود ثقاب أو ولاعة أمام فوهة محبس الجهاز وعلى بعد حراشي 3 سم من الفوهة ثم يفتح المحبس ببطء وحذر، وقد يحدث أهد الأمور التالية.

- 1- خروج الزيت مباشرة من فوهة المحبس دون أي غارات وهذا يدل على سلامة المحول.
- 2- خروج الزيت مضغوطاً أو به فقاعات لا تشتعل فهي هواء عادي ولا يوجد أي خطورة
- 4- خروج الغارات وزيادة اشتعال المهب.

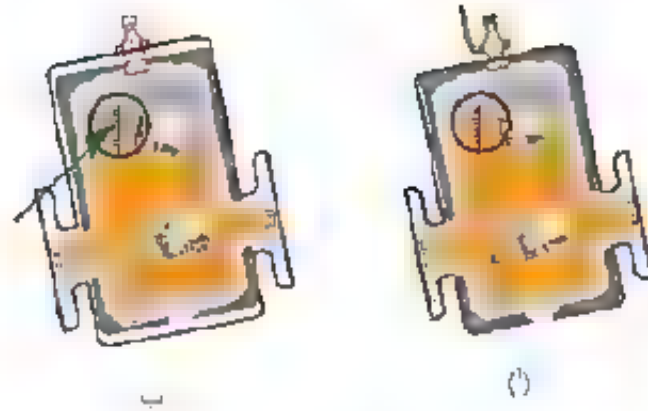
وهذا يدل على :

- 1- لو كان لون الذهب أسود فهو يدل على اشتعال غاز الإستينين لماتج من تحلل الزيت
 - 3- لو كان لون الذهب أصفر فهو اشتعال غاز الإستينين وأول أكسيد الكربون الماتجين من تحلل الزيت وعزى للملقات على الترتيب.
- في الوصف الطبيعى يكون جهاز البوقيلز ريلاي مملوءاً بالزيت كما بالشكل (174).



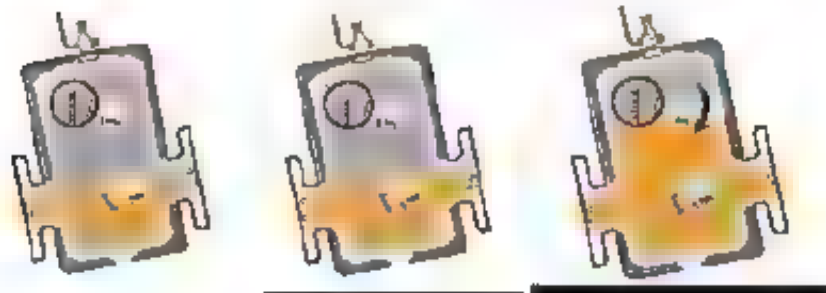
الشكل (174)

وعند تكون الغازات يتم الضغط على العوامة العليا. الشكل (75).



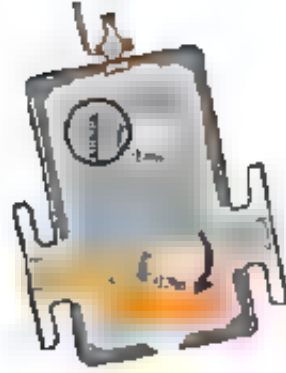
الشكل (173)

وعند زيادة انحرافات يزيد الضغط على العوامة العليا ويتم هبوط العوامة العليا وتغير إلامسات، كما بالشكل (176).



الشكل (176)

وعند استمرار تسرب الزيت أو حدوث قصور داخل المحول وحدث اضطراب في زيت يتم سقوط العوامة السفلى، كما بالشكل (176).



الشكل (٧٧)

ثالثاً ، جهاز الحماية عند ارتفاع الضغط Pressure Relief Valve

يحدث ارتفاع ضغط الزيت في المحول لأحد الأسباب الآتية

- ١- حدوث قصور داخلي في الملفات فيزداد درجة الحرارة وبالتالي يتمدد الزيت ويسبب ذلك زيادة الضغط داخل المحول
- ٢- زيادة تحميل المحول فتزداد درجة الحرارة وبالتالي يتمدد الزيت ويسبب ذلك زيادة الضغط داخل المحول.
- ٣- زيادة مستوى الزيت معثلاً يتم ملء المحول بالزيت في الشتاء حيث تكون درجة حرارة منخفضة وعند زيادة درجة الحرارة في الصيف يزداد منسوب الزيت

- هذا الارتفاع في ضغط الزيت قد يؤدي إلى حدوث انفجار في المحول لذلك يوضع بلب تخفيف الضغط للوقاية من ارتفاع ضغط الزيت كالتالي
- ١- يتم ضبطه عند قيمة معينة، حتى إذا وصلت إليه بعمل على خروج الزيت إلى خارج المحول فيخفض الضغط داخل المحول.
 - ٢- وهناك أنواع بها ملامسات تصدر إشارات فصل لجميع مواقع المحول لفصله وعمله عن الشبكة

3، الوقاية الحرارية

تعتبر الملفات والعيب الحديدي معاً كمحرك حراري *Heat generator* تزيد طاقته الناتجة أو تنقص تبعاً لزيادة الاحمال أو نقصها، وإذا زاد معدل تولد الحرارة عن معدل تبديدها فإن درجة حرارة الملفات والزيت وجميع المواد العازلة سوف يظل في ارتفاع مستمر، الأمر الذي يؤدي إلى الآتي

1- احتراق المواد العازلة أو تحميصها وخصوب الورق اعازل للموصلات.

2- تحول الزيت إلى غبارت قابية للاشتعال.

3- تخمر الموصلات النحاسية

4- تحمير وتشيع في القلب الحديدي.

4- نقص مقاومة العزل *Insulation resistance* للمنععات والزيوت، حيث إن مقارنة العزل تتناقص أسباً مع ارتفاع درجة الحرارة (فكما نعلم أن كل زيادة في درجة الحرارة بمقدار 10 درجات فإن قيمة مقاومة العزل تقل إلى النصف) وهذا النقص في مقاومة العزل يزيد من تيار التسرب *leakage current* الذي يمر من الأجزاء النحاسية إلى التناك المؤرض مروراً بالمواد العازلة، وزيادة تيار التسرب يزيد من معدل ارتفاع درجة الحرارة للمواد العازلة. ويتم عمل وقاية حرارية للمحول عن طريق ،

1- درجة حرارة الزيت

في هذا النوع من عداد درجة حرارة الزيت يكون به نقط مساعدة تقوم بعمل الاتي ،

1- تحريك مفتاح زئبقي يعطي إشارة عند تصل درجة حرارة الزيت إلى 85 درجة مئوية

2- تحريك مفتاح زئبقي يفصل المحول عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى 95 درجة مئوية

٢ درجة حرارة الملمعات،

حيث ان تختلف طبيعة الزيت عن المحاس للتأثر بالحرارة، حيث يتأثر النحاس بالحرارة أسرع من الزيت. فلذلك لا يستدل بحدارة الزيت على الحالة الحرارية للملعات ولذلك يتم تركيب جهاز خاص لقياس درجة حرارة الملعات (فيتم تركيب محول تيار على أحد الأرجاء، يستخدم لقياسه في تسخين ملف معين يستخدم في بيان درجة حرارة الملعات)

ويتم معن الجهاز كالآتي،

- يعطي إنذار عندما تصل درجة حرارة الملعات إلى 90 درجة مئوية.
- يعطي فصلا عندما تصل درجة حرارة الملعات إلى 95 درجة مئوية

الفصل الثالث

المفاقد في المحول

المفاقد في المحول

- 1- المفاقد الحديدية Iron Losses وهي من مفاقد اللاحمل No Load Losses
- 2- المفاقد النحاسية Copper Losses وهي من مفاقد بحمل Load Losses
- 3- المفقودات في العزل Dielectric Losses وهي من مفاقد اللاحمل No Load Losses

أولاً المفاقد الحديدية

من أهم المفاقد الحديدية .

1- التيارات الدوامية Eddy Currents

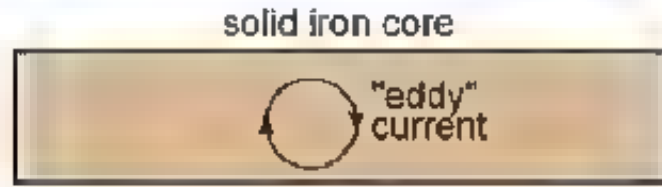
2- التحللية المغناطيسية Hysteresis Losses

أولاً التيارات الدوامية Eddy Current في القلب الحديدي وفي الوصلات النحاسية وفي العزل

(1) تيارات الدوامية في القلب الحديدي .

الفيضان المتردد حين يقطع موصل كهربائي فإنه يولد فيه تيار كهربائي، وهذا الكلام كما ينطبق على الأسلاك النحاسية في الملف الابتدائي ونصف الثانوي فإنه ينطبق أيضاً على القلب الحديدي، فحيث إن لمعات الملف الابتدائي ولعات الملف الثانوي تقصع خطوط الفيضان المغناطيسي فيتولد بها جهد وتيار بالحث عن الحديد في القلب الحديدي يقطع حصاً خطوط الفيضان المغناطيسي ويتولد به تيار بالحث يسمى بالتيار الدوامي Eddy Current وهذا التيار يسمى فقد في الطاقة على صورة حرارة تتولد في القلب لأنه يمثل جزءاً من الفيضان في الملف

الابتدائي لا ينتقل إلى الملف الشاموي ويعر في القلب، وتسير هذه التيارات في مسارات دائرية كالدوامية كما بالشكل (187).
تكون هذه التيارات كهجرة كلما كان سمك القلب الحديدي كبيراً لأن استقامة في هذه الحالة تكون كبيرة.



الشكل (187)



الشكل (179) الفيارد- الدواجه عندما يكون القلب كتلة واحدة

اضرار التيارات الدوامية،

- 1- تسبب فقد جزء من الطاقة الكهربائية بتحويلها إلى حرارة.
- 2- هذه الحرارة قد تؤدي إلى تلف العزل وحدوث مشاكل داخل المحول

$$\text{Eddy Losses, } W_e = K_e \times B_m^2 \times f^2 \times t^2 \quad \text{Watts/Kg.}$$

Where K_e = the eddy current constant

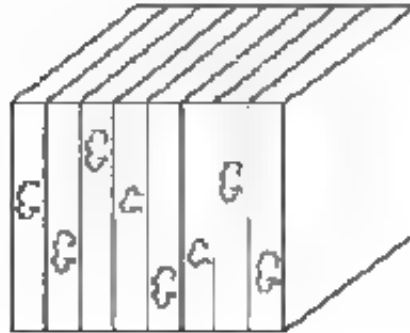
f = Frequency in Hertz.

B_m = Maximum flux density in tesla

t = Thickness of lamination strips

التقليل من التيارات الدوامية

للتقليل من التيارات الدوامية يصنع القلب الحديدي على شكل صفائح من الحديد المطاوع معزولة عن بعضها عزلا تاما، وبذلك تزداد مقاومة القلب الحديدي، فتقل شدة التيارات الدوامية ويقل مقدار الفقد في الطاقة



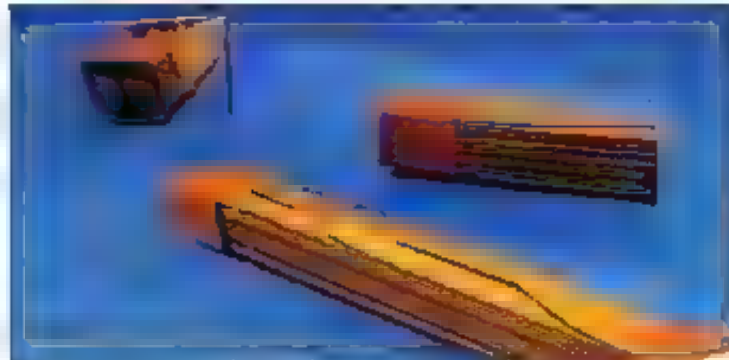
الشكل (180) التيارات الدوامية عندما يتم تقسيم القلب إلى شرائح

3- التيارات الدوامية في الإختران أو أي اجزاء معدنية

وهناك جزء من التيارات الدوامية ينشأ نتيجة الفيض المتسرب Leakage Flux، فالفيض الذي ينشأ عند مرور التيار في الملف الابتدائي لا يرتبط كلياً بالملف الثانوي بل يكون هناك جزء مفقود يسمى بالفيض المنحرب، وهذا الفيض المتسرب قد يقطع الأجزاء الحديدية الخارجية للمحول فينشأ فيها تيارات دوامية eddy current ويتسبب في سخونة هذه الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار أصلاً، وهذا النوع يظهر تأثيره فقط في المحولات الكبيرة

2- لتيارات الدوامية في الموصلات

وقد يتسبب هذا الفيض المتسرب في وجود تيارات دوامية داخل الموصلات الححاسية ويكون تأثيره ضعيفاً ففي المحولات الكبيرة يتم عمل تبادل بين الطبقات المكونة لمقطع الموصل الذي يكون غالباً كبير، وهو ما يعرف بعملية Transposition كما بالشكل (190)، والعرض من هذه العملية هو منع التيارات الدوامية التي يمكن أن تنشأ داخل المقطع الكبير للموصل نفسه نتيجة لعدم تساوي أطوال الموصلات المستقدمة في اللف فتتعرض لجرؤه بمستويات مختلفة من الفيض المتضاميسي الذي يسبب فروق في الجهود بين طبقات الموصل.



الشكل (190)

ثانياً التخلقية المغناطيسية

يتم مساهمة القلب في السحور من الحديد الصلب السليكوني وذلك بزيادة تركيز خطوط الفيض، فالحديد الصلب له كفاءة عالية لتحرير الطاقة المغناطيسية وذلك لارتفاع البعادية بسجية Permeability وهو من المواد القوية مغناطيسية Ferromagnetic Material

فلذا من تيار كهربائي متردد قيمته I في حثف عدد لفاته N فسعشاً دائرة مغناطيسية والتي تعتبر مكافئة للدائرة الكهربائية وهي عبارة عن مسار مغلق يحوي فيه الفيض المغناطيسي ويحتوي على مصدر قوة دافعة مغناطيسية ومماعة تعكس حركة الفيض، وتتكرر لدائرة عدة من قلب مغناطيسي بطول مقوسمه A ومساحة مقطع عرضي A

وعلى الرغم من أن الحديد الصلب من أفضل المواد لمرور الفيض المغناطيسي إلا أنها لها عيب وهو التخلقية المغناطيسية، فعندما تمر خطوط الفيض المغناطيسي خلال مساحة معينة لبعض المواد الفرومغناطيسية مثل القلب الحديدي للمحول، هذه المواد تحتري على عدد كبير من استعاضات الجريئة التي لها قطبين شمالي وجنوبي وتكرر مرتبة ترتيباً عشوائياً بحيث تلحق كل واحد لتأثير استعاضات للآخر، وينتج عن ذلك أن مادة الحديد ليس لها خاصية الجذب المغناطيسي في الحالة العادية، ولكن عند مرور خطوط الفيض في الحديد تبدأ هذه الجزيئات بالاستقطاب تدريجياً وينشأ عن ذلك اتجاه تمعدود وتظهر خاصية التمدد لمادة الحديد، فكثافة الفيض المغناطيسي براد بشكل كبير كلما وضعت مواد حديدية في مسار خطوط الفيض بين سلع ادسي فيمها لها عديم تكون المادة الموجودة في المسار عبارة عن الفراغ نفسه أو الهواء أو الخشب أو الألومنيوم أو النحاس مثلاً.

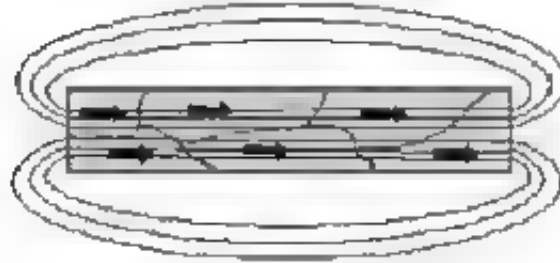
كيف تظهر التخلقية المغناطيسية

عند توصيل المحول بمصدر تيار متردد فإنه تتكون دائرة مغناطيسية لأن المحول يتكون من صف مكون من عدد من اللفات ملفوف على القلب الحديدي

المصنوع من مادة مغناطيسية وهذا الملف يمر به تيار كهربائي، وهذا التيار يعمل على مرور بعض مغناطيسي خلال مادة القلب الحديدي، ونتج عن هذا التيار مجال مغناطيسي له قوة أو شدة قدرها (H) يسمى قوة مغناطيسية Magnetizing Force. وحيث إن مادة القلب مادة مغناطيسية فعند تسليط تيار متردد عليها فإنه ينتج حث مغناطيسي (B) Magnetic Induction نتيجة اصطدام جريئات هذه المادة تدريجيا خلال القلب الحديدي.



(a) Unmagnetized domains.

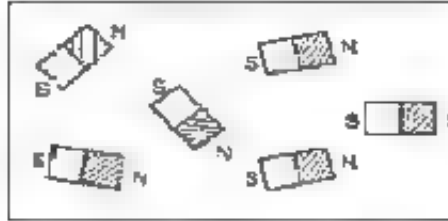


(b) Magnetized domains.

الشكل (82).

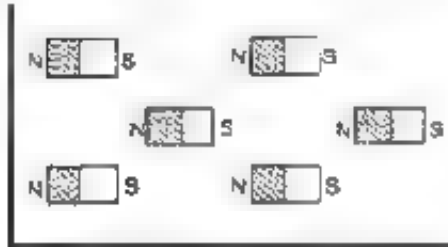
دراسة العلاقة بين الحث المغناطيسي للمادة (B) وشدة المجال المغناطيسي (H) السطحي عليها

موجة التيار المتردد هي موجة جيبية يزيد فيها التيار من الصفر إلى أقصى قيمة في الاتجاه الموجب، ثم يقل من أقصى قيمة إلى الصفر في الاتجاه الموجب أيضا، ثم يزيد التيار من الصفر إلى أقصى قيمة في الاتجاه السالب، ثم يقل من أقصى قيمة إلى الصفر في الاتجاه السالب أيضا ويتكرر ذلك 50 مرة في الثانية -1 في البداية قبل تشغيل المحول تكون $(B=0)$ عندما $(H=0)$ ويكون جريئات المادة مرتبة ترتيب عشوائي



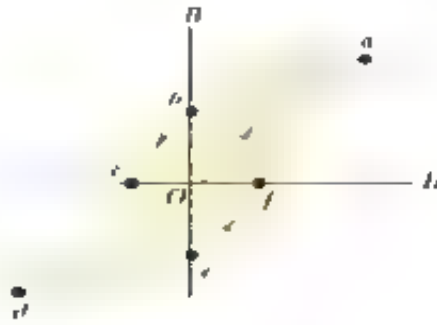
الشكل (183)

2- عند تشغيل المحول يتم تسعط مجال مغناطيسي خارجي على الحديد فتتده جزئيات المادة بالاصطفاف تدريجيا ويخشا عن ذلك تجاه تمغنط واحد وتظهر خاصية التمعنط لمادة الحديد وذلك في الربع الأول من الموجة (عندما يريد انقيار من الصفر إلى أقصى قيمة له في الاتجاه الموجب)



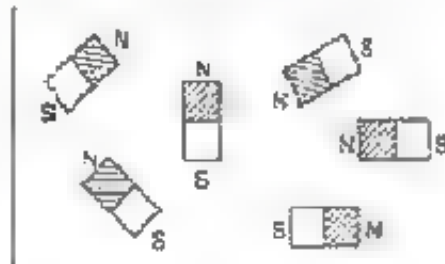
شكل (184)

وعند رسم العلاقة بين الحث المعنوي للمادة (B) وشدة المجال المغناطيسي (H) فإن ذلك يتمثل عند النقطة «أ» التي عندها تصطف كل جزئيات المادة حسب اتجاه المجال (H).



الشكل (185)

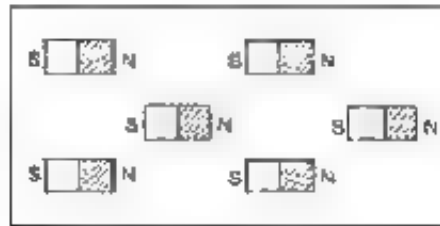
3- وعند تحليل المجال المسلط إلى الصفر وذلك في الربع الثاني من الموجه (عندها يقل التيار من أقصى قيمة إلى الصفر في الاتجاه الموجب) فإن المجال المتكون ياحديد لا يكون صفراً بل تكون له قيمة ويتمثل عند النقطة «ب» الذي يكون عندها المجال الخارجي صفراً يكون $H = 0$ & $B = Cb$



الشكل (186)

4- وعند زيادة التيار من الصفر إلى أقصى قيمة له في الاتجاه السالب وذلك في الربع الثالث من الموجه (تسقط مجال مغناطيسي معاكس) فإنه يتم إزالة هذه المغنطة المتبقية أي نصل إلى النقطة (c) وعندها نعدم المغنطة (B)

رغم وجود مجال مغناطيسي يسمى في هذه الحالة بالمجال لفامر الذي يزيل المغنطة بحيث يكون $H=0$ & $B=0$ ، أي أن جزء من المجال يستهلك في إزالة المغنطة المتبقية، ثم بعد ذلك يتم تكوين مجال مغناطيسي في الاتجاه المعاكس حيث تبدأ جزيئات المادة بالاصطفاف تدريجياً وببشاً عن ذلك اتجاه تمحيط واحد معاكس للاتجاه الأول حتى يصل للمقطة d.



الشكل (87).

5 وفي اربع الرابع من الموجة (عندما يقل التيار من أقصى قيمة إلى الصفر في الاتجاه السالب) فإن المجال المغناطيسي يقل في الاتجاه المعاكس ويتم الوصول إلى النقطة (e) الذي يكون مقدما المجال المغناطيسي يساوي صفر في حين أن المجال المتكون باحدي لا يكون صفراً بل تكون له قيمة معينة ويتمثل عند النقطة e كما هو موضح بالشكل اسابق بحيث يكون $H=0$ & $B=0$ وفي بداية اموجه الجديدة يتكون مجال المغناطيسي مره أخرى ويتم الحصول على النقطه (f) ثم إلى النقطة (g) مره أخرى ويتم تكرار هذا المنحنى. أي أن جزيئات المادة لا تعود إلى الترتيب العشوائي التي كانت عليه في البداية بحيث تلغي كل واحدة التأثير المغناطيسي للأخرى، ولكن بقي بعض المغناطيسية في المادة تسمى بالمغناطيسية المتبقية Residual magnetism وتسمى هذه الظاهرة بالتخلف المغناطيسي وتسمى الدورة الكاملة المغلقة بدورة التخلف المغناطيسي ويعتمد حجمها على نوع المادة ويتضح من ذلك أن العلاقة بين الحث المغناطيسي للمادة (B) والمجال

المغناطيسي (H) هي علاقة غير خطية، لأنه من المفروض أنه عندما يزيد المجال المسلط فإن الحث في المادة يكون عند النقطة «عندئذ يقل المجال إلى الصفر فإن المفروض أن الحث يقل أيضاً إلى الصفر (النقطة O) ولكن نظراً لأن المادة فرومغناطيسية فعلى الرغم من زوال المجال المغناطيسي فإن المادة تبقى بها بعض المغناطيسية، وهذا يعني أن بعض الحثيات لذرية ما زالت باقية على اتجاهها ويولد ما سمي بالمغصصة المنخفضة.

أضرار التخلّص المغناطيسية

التخلّص المغناطيسية هي أنه، تعني ضياع بالطاقة على شكل حرارة لأنه نتيجة لحركة الجزيئات من الحالة العشوائية إلى الاصطفاف في اتجاه تذبذب معين، فإن هذه الحركة تعمل على احتكاك الجزيئات مع بعضها البعض وهذا الاحتكاك يولد حرارة.

فكلما ازدادت سعة حلقة التخلّص فإن خسائر الطاقة تكون أكبر لأنه سيلزمنا طاقة أكبر للعودة بالمادة إلى حالة الاصطفاف العشوائي، وكلما زادت الطاقة المسلطة تزيد حرارة أعلى ببلورات الحديد مما يعني خسائر أعلى.

$$\text{Hysteresis Losses, } W_h = K_h \times f \times B_m^{1.6} \text{ Watts/Kg}$$

Where K_h = the hysteresis constant

f = frequency in Hertz

B_m = maximum flux density in Tesla

ثانياً: المفاقيد النحاسية Copper Losses

وهي الخسائر الناتجة من ضياعات لقدرة الحرارة في مقاومة ملفات الإلكترى والثانوي للمحول، وهي تعتبر من مفاقيد الحمل Load Losses أي أنها لا تظهر كقيمة مؤثرة إلا إذا حدث تحميل للمحول وكلما زاد التحميل زادت

الطاقة المفقودة، وحيث إن الملف الابتدائي والملف الثانوي مصنوع من مادة النحاس التي لها مقاومة مادية، عند مرور تيار فيها ينشعب في عقد القدرة بحسب من العلاقة التالية

$$P = I^2 R$$

وحيث إن المقاومة في المواد الموصلة تزيد بزيادة درجة الحرارة، وإذا لاحظ أن المعاقيد النحاسية تزيد بزيادة درجة الحرارة.

الثالث - الخسائر العزل Dielectric Losses

المواد العازلة التي تستخدم لعزل الموصلات عن بعضها البعض داخل المحوّل تنسب في وجود نوع من المكثفات يعرف بالمكثفات الشاردة Stray Capacitors وهي مكثفات تحيلية لكنها تعمل نفس عمل المكثفات الحقيقية ويحدث فيها نوع من الفقد في الطاقة

وهذه المكثفات تكون مكثفات غير مثالية أي يوجد بها مقاومة صغيرة، لأن المكثف المثالي يمثل بمحاثة سعوية Capacitance فلتكون مقاومته وبالتالي فإن الزاوية بين الجهد والتيار تكون أقل من 90 درجة بمقدار زاوية صغيرة تسمى دلتا (δ) وتعتبر الزاوية $\tan \delta$ هي زاوية الفقد وكلما كانت هذه الزاوية صغيرة فإن المكثف يكون أقرب للمثالية، وكلما كبرت هذه الزاوية تكون الخسائر كبيرة.

وعلى الرغم من أن الطاقة المفقودة في هذا النوع من الفقد تكون صغيرة في الحالة العادية ولكن نتيجة لأن الزاوية $\tan \delta$ تتأثر بدرجة الحرارة فكلما ارتفعت درجة الحرارة زادت الزاوية $\tan \delta$ وكلما زادت هذه الزاوية زادت الطاقة المفقودة وبالتالي تزيد الحرارة أكثر، ونتيجة بزيادة درجة الحرارة تزيد الزاوية أكثر، وهكذا كلما زادت درجة الحرارة يزيد زاوية الفقد، ويؤدي لطاقة المفقودة على هيئة حرارة حتى يحدث انهيار حراري للعزل، وتتناسب هذه الخسائر مع الجهد والتردد.

الباب الخامس

الصيانة والاختبارات

الفصل الأول

صيانة المحولات

منظرًا لأن المحول ليس به أجزاء متحركة فإن صيانتته تكرر سهوه ولكن في بعض الحالات تتطلب إخراج القلب الحديدي من الخزان لذلك فهناك نوعان من الصيانة الدورية للمحولات ،

- 1- النوع الأول لا يحتاج إلى إخراج القلب الحديدي من خزانه الرئيسي
- 2- النوع الثاني يحتاج إلى إخراج القلب الحديدي من الخزان ويتم ذلك عند الحاجة أو كل 10 سنوات.

ولا داعي للصيانة التي لا تتطلب إخراج القلب الحديدي وفي هذا النوع من الصيانة يتم ملاحظة ومهمم مكرومات المحول الاتية

- 1- لأجزاء كهربية في المحول.
- 2- لأجزاء لغارجية من المحول والممكن الموجود فيه المحرر.
- 3- لأجزاء لداخلية في المحول.

1- فحص وصيانة الأجزاء الكهربائية

- 1- التأكد من أن الكابلات والنوصيلات غير مشدونة ومثبتة على حواس Support ومربوطة بطريقة سليمة ولا تسبب أي إجهاد على العوازل، والتأكد من عدم الأطراف من أثار الانصهار (القوس الكهربى) أو القطع أو الحرارة العالية غير العادية
- 2- تنظيف عوازل انصيني ومبارت اقترصيل جهنى للضغط العلى والضغط المنخفض وإزالة الأتربة والأوساخ المتراكمة والرطوبة.

3- التأكد من خلو العوازل الصحيح من أحبار الكسر Break أو التشقق والتصدع Crack واستبدال غير انصالح منها

4- التأكد من ربط العوازل الصحيح على جسم التتف وسلامه اموانات المرنة التي تمنع تسرب الزيت من الخزّن الرئيسي

5- التأكد من سلامة عمل مراوح التهوية وانطلمبات في السحولات الكبيرة (كابات التغذية - صندوق التوصيل Junction box - صوت رولمان البلي Bearing - صوت ريشة المروحة Blade - دائرة التحكم - كابلات التحكم).

6- التأكد من تثبت منظم الجهد Tap changer في الوضغ لمراد تشغيل المحو عليه

7- التأكد من توصيل نقطتي الإنذار ونقطتي الفصل في رورثة جهاز البوخهلز بأحبره الإنذار والفصل بالمعتبع حيث تعمل صغاره الإنذار إذا تراكمت الفدرات حول العوامة الدنيا بجهاز البوخهلز و ينصل جهاز الوقاية مع فتح تغذية المحو بالكهرباء في حالة حدوث قصر في الدائرة واندفاع العبرات من المحول إلى العوامة السفلية في جهاز البوخهلز ويمكن عمل محاكاة Simulation لعمل الجهاز كالتالي

أ - التأكد من أن دائرة التحكم للجهاز تعمل بصورة جيدة (جهد التحكم موجود وكابلات التحكم متصلة ناحية الجهاز وناحية سارينة الإنذار وناحية جهاز الحماية).

ب - يتم الضغط على عمود صغير أعلى لجهاز صمطة حقفئة نتهبط العوامة العليا وتعمل سارينة الإنذار وإذا تم الضغط على العمود ضغطاً شديدة تهبط العوامة السفلية وينصل المحول (إذا كان المحول يعمل) و تظهر إشارة الفصل على جهاز الحماية Protection relay وظهور الراية الحمراء على جهاز الـ Flag relay إذا كان موجود في الدائرة.

ج - إذا كان عمود الاختبار غير موجود يتم فتح رورثة الجهاز وعمل كوبري Jumper على نقطتي الإنذار ونقطتي الفصل.

8- التأكد من توصيل نقطتي الإنذار ونقطتي الفصل في رورثة عداد لابس

درجة الحرارة الزيت الذي يحتوي على نقاط مسددة بأجهزة الإنذار وانعص بالمفاتيح حيث تعمل صفارة الإنذار إذا وصلت درجة الحرارة إلى Alarm set point و يفصل جهاز الوقاية مفتاح تغذية المحول عند وصول درجة الحرارة إلى Trip set point ويمكن عمل محاكاة Simulation بعمل الجهاز كالتالي :

أ - التأكد من أن دائرة التحكم للجهاز تعمل بصورة جيدة (جهد التحكم موجود وكابلات التحكم متصلة ناحية الجهاز وناحية سارية الإنذار وناحية جهاز الحماية)

ب- تحريك المؤشر باليد حتى يصل إلى درجة حرارة الإنذار وبالتالي سوف تعمل سارية الإنذار باستمرار في تحريك المؤشر حتى يصل إلى درجة حرارة الفصل وبالتالي سوف يفصل المحول أو تظهر علامة الفصل على جهاز الحماية.

ج - أو يتم فتح روزة الجهاز وعمل كوبري Jumper على نقطتي الإنذار ونقطتي الفصل.

و- التأكد من توصيل نقطتي الإنذار ونقطتي الفصل في روزة عداد تيس درجة الحرارة المعقات الذي يحتوي على نقاط مسددة بأجهزة الإنذار وانعص بالمفاتيح حيث تعمل صفارة الإنذار إذا وصلت درجة الحرارة إلى Alarm set point و يفصل جهاز الوقاية مفتاح تغذية المحول عند وصول درجة الحرارة إلى Trip set point ويمكن عمل محاكاة Simulation لعص الجهاز كالتالي

أ - التأكد من أن دائرة التحكم للجهاز تعمل بصورة جيدة (جهد التحكم موجود وكابلات التحكم متصلة ناحية الجهاز وناحية سارية الإنذار وناحية جهاز الحماية)

ب- تحريك المؤشر باليد حتى يصل إلى درجة حرارة الإنذار وبالتالي سوف تعمل سارية الإنذار باستمرار في تحريك المؤشر حتى يصل إلى درجة حرارة الفصل وبالتالي سوف يفصل المحول أو تظهر علامة الفصل على جهاز الحماية

ج- أو يتم فتح روزة الجهاز وعمل كوبري number على نقطتي الإبدال ونقطتي
الفصل

10- التأكد من توصيل نلقتي للفصل في روزته عند تصريف للضغط الذي
يحتوي على نقاط مساعدة بحيث ينصل جهاز الرقابة مفتاح تخدية
المحول عند زيادة الضغط داخل المحول ويمكن عمل محاكاة Simulation
لعمل الجهاز كالآتي

أ- التأكد من أن دائرة التحكم للجهاز تعمل بصورة جيدة (جهد التحكم
موحد وكاملات التحكم متصلة ناحية الجهاز وناحية سارمة الإبزور
وناحية جهاز الحماية).

ب- يتم فتح روزة الجهاز وعمل كوبري number على نقطتي الفصل،
11- التأكد من استمرارية الأرضي، بحيث يكون المحول مؤرض بطريقة
أمنة وفعالة من خلال مقاومة صغيرة، ويتم لكشف على كابل لأرضي
وموضع رياحه على المحول وعلى ديرة الأرضي

2- فحص الأجزاء الخارجية للمحول والتأكد من وجوده فيه المحول

1- التأكد من أن صوت المحول في الحدود الطبيعية وفي حالة وجود أصوات
غير طبيعية يتم البحث عن السبب ومعالجته

2- يتم فحص الخزائ الرئيسية للمحول والتأكد من ربط المسامير وسلامة
سطح الخزائ من الانبعاج حسب تأثير القوى الخارجية وكذا سطح وأبواب
الإشعاع والتأكد من عدم قراجد شقوق أو ثقوب حتى وإن كانت ضئيلة
ويسيطر يعتمد رشع الزيت منها

3- نظافة و طلاء الخزائ وتساوته كوحدة كاملة

4- فحص المشعاع والتأكد من خلو الرشع من مواضع الربط وكذا مواضع
اللحام وسلامه عمل البيلوف.

5- فحص الخزائ المساعد ولتأكد من خلو الخزائ من الضبر الميكانيكي
الخارجي، عدم رشع الزيت في مواضع الربط واللحام وكذا ملاحظة سلامة
مجبين مستوى الزيت و لشكل العام للخزائ

- 6- فحص عطاء المحول ويشمل على ملاحظة العطاء نفسه والتأكد من خلوه من الانبعاث أو أي ضرر ميكانيكي آخر وكذلك مساطق اللحام وغلق كل الفتحات غير المستخدمة لعدم دخول الحيوانات والقوارض.
- 8- التأكد من أن مستوى الزيت في المحول بالقدر الكافي للتشغيل بحيث لا يقل عن أدنى مستوى مبين على خزان التمدد وإذا احتاج الأمر فيمكن تزويد الزيت عن طريق ابنتحه العليا بخزان التمدد بنفس نوع لزيت الأهنلى أو المعادل له مع التأكيد على عدم دخول رطوبة
- 9- التأكد من لون الميخ السلكي الأزرق أو الأبيض حتى يمكنه امتصاص الرطوبة فإذا تحول إلى اللون الأحمر ابوردي فإنه يجب إعادة تجفيف الملح بتعريضه لدرجة حرارة لا تزيد عن 110°م حتى يستعيد بونه الأزرق أو يتغير الملح
- 10- التأكد من انعدام رشح الزيت من مناطق اللحام والتأكد من الإحكام الخيد لها
- 11- التأكد من أن عداد درجة حرارة الزيت وعداد درجة حرارة المدات تعمل بصورة سليمة، بحيث يكون دائما المؤشر الأحمر أعلى من المؤشر الأسود وهي نفس الوقت يرتفع المؤشر الأسود عند زيادة درجة الحرارة وزيادة الأحمال وينخفض عند انخفاض درجة الحرارة ونقص الأحمال.
- 12- ومضافة أنابيب التبريد والمشعاع (الترديتاتير).
- 3- التأكد من نظافة الغرفة الموجودة به المحول وخلوة من المواد القابلة للاشتعال، وكذلك خلوة ارضية الغرفة من المواد لزقة وأي مواد تعيق الحركة حول المحول
- 4- التأكد من كفاءة إدارة وتهوية غرفة المحول
- 13- التأكد من إحكام غلق عرفة المحول وعدم السماح بالدخول لغير المختصين

3 فحص الأجزاء الداخلية للمحول

حيث إن مكونات المحول الداخلية غير ملموسة سيتم ملاحظتها عن طريق الاختبارات كما سيأتي لاحقاً أو عن طريق خراج القلب الحديدي والملفات ثانياً، أعمال الصيانة التي تتطلب خراج القلب الحديدي (وظائف تتم هذه الصيانة بواسطة المحولات ومعامل الاختبارات)

- 1- فك المحول وإخراج جسم المحول (القلب الحديدي والملفات) من خزانة الرئيسي وإجراء الفحوصات الكهربائية على ملفات المحول للتأكد من مقدار المقاومة وقوة العزل وعدم تواجد حالات قطع كاملة أو ناقصة
- 2- تنظيف جسم المحول من العوايق ومنظفها من ريش الحديد والحاس ومواد كربونية ودهون وشحومات صناعية حدثت من تحلل مكونات العزل مع مرور الزمن
- 3- بعد الحاجة إلى إخراج الملفات من قلب الحديدي يتطلب فك الصفائح الحديدية السبكونمية وتضعفها والتأكد من سلامة عزلها ومن ثم تجديدها وربطها بإحكام
- 4- إعادة ربط اتاريض بإحكام والتأكد من استمراريته
- 5- غسل المحول بالكاف (ملفات + قلب حديدي + مغير جهد + خزان + ريمف) بالزيت الساخن والهواء المضغوط (هواء جاف مرشحاً مجففاً) وجمع الرواسب.
- 6- تحفف اتصالات وتستعمل عوازلها، انقلبه وتحلف من رواسب الزيت ويعاد تركيبها
- 7- معانجه أطراف مغير الجهد الثابت والمتحرك وإعادة التبريد عليها.
- 8- تنظيف بهيات الملفات واستبدال عوازلها انقلبه والتأكد من مقانة لحاماتها
- 9- التأكد من عدم تواجد سخامات رديئة في خزان المحول وإعادة اللحام عند الحاجة.
- 10- تعبئة كمية جوانات المحول

- 11- تقليل الوقت الذي يتعرض فيه المحول للهواء تفاديا لمشاكل الرطوبة.
- 12- تركيب المحول مرة أخرى مع إعادة ضخ الزيت الحديدي من أسفل إلى أعلى ببطء مع فتح منفذ للهواء الخارج بفعل دخول الزيت
- 13- عمل دورة تكرير للزيت المحول على أن تشمل دورة فلزيت على تجفيف الزيت وإملاءات
- 14- فحص أجهزة الوقاية وملاحظة مدى انتظام عملها واستبدال الأجزاء التالفة منها

الفصل الثاني

الاختبارات على المخطات

الاختبارات التي تتم على المخطات

- قياس مقاومة العزل لمعدات للمحولات

يتم قياس عزل المكاتب للأسباب التالية ،

1- يتم قياس عزل الملفات للتأكد من أن العزل بحالة جيدة

2- لكي يتم أخذ قراءة تعتبر كمرجع للقيمة مقاومة العزل.

3 - لحماية الأشخاص من خطر الصدمة الكهربائية.

4- لاكتشاف بداية تلف العزل لكي يتم عمل ترتيبات معيبة للإصلاح (مطابقة

- ورنيش - تجفيف - إعادة لف).

3- تقليل زمن التوقف لسحب من الفقد في الإنتاج

ما هي أسباب انهيار العزل ؟

1. الاجهاد الكهربائي

أ (over voltage & undervoltage) الزيادة في الجهد والهبوط في الجهد

يسببان إجهاداً داخل العزل يعمل على تشقق العزل أو تكوين رقائص في

العزل مما يصعب العزل

ب- Voltage transients الجهود العابرة الناتجة من الصواعق أو من أجهزة

مغيرات سرعة تعمل كذلك على ضعف لعزل.

2. الاجهاد الميكانيكي

أ- حدوث خبطات لتكابلات أثناء عمليات الحفر والتمديد.

ب- (out of balance) تشغيل الآلات في حالة عدم الاتزان.

ب تشغيل وإيقاف المعدات بصفة متكررة.

ث- (Vibration) تشغيل الآلات في حالة وجود الاهتزازات

3- الإجهاد الكيميائي

أ- الأتربة والزيوت والمواد الكيميائية تؤثر على العزل وتعمل على تحطيم التركيب الجزيئي للعزل.

ب- الأبخرة الآكلة Corrosive vapors الموجودة في الوسط المحيط تعمل على تغيير خواص العزل ويحولها إلى مادة موصلة

4- الإجهاد الحراري

تشغيل الآلات في درجات حرارة عالية أو درجات حرارة منخفضة يعمل على حدوث تمدد وتكماش للعزل. وهذا بدوره يعمل على حدوث تشققات بالعزل يؤدي في النهاية إلى تلف العزل.

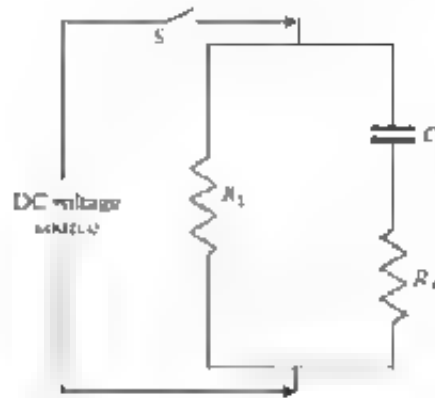
5- التلوث البيئي

4 تعرض العزل للقوارص

ب تكوين الاتربة والرطوبة والأملاحات على سطح العزل.

ت حدوث تغير في الخواص الفيزيائية لمادة العزل مع مرور الوقت.

النظرية العامة لقياس مقاومة العزل



(شكل 188)

يمكن تطبيق قانون أوم لمعرفة كيفية قياس مقاومة لعزل

$$R = V / I$$

- حيث ، هو التيار الكلي الذي يمر من خلال العزل من الموصل إلى الأرض وليس تيار الحمل.

- V هو الجهد المستمر الذي يتم تسليطه من جهاز قياس العزل (الميجر).

- يقوم جهاز الميجر بحل المعادلة بصفة دورية وحساب المقاومة (R).

- C التيار السعوي (تيار شحن المكثف).

- R_A تيار الامتصاصي

- R_L تيار التسريب الأرضي

- DC مصدر التيار المستمر

1 التيار لسعوي (Capacitive Current)

المكثف عبارة عن أي موصلين بينهما عازل، وعلى ذلك فإنه يكون مكثف

بين الملفات وجسم المعدة وكذلك بين الملفات وبعضها

عند تسليط الجهد المستمر فإن المكثف يبدأ في الشحن ويسحب تيارا سعويا

كبيرا جدا في البداية وحين يتم الشحن فإن هذا التيار يقل حتى يصل إلى الصفر.

2- تيار الامتصاص (Absorption Current)

الشكل (97) يوضح التركيب القطبي لخرق عازل غير مشحون وعند تسليط

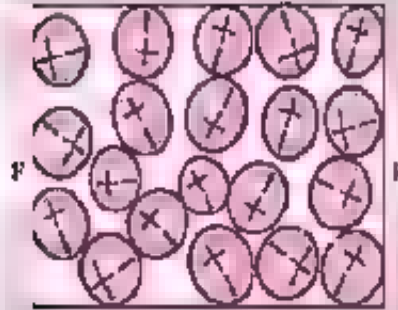
الجهد المستمر على العزل فيتم تكوين شحنات موجبة على أحد الجانبين

وشحنات سالبة على الجانب الآخر، بوجود هذه الشحنات على الجانبين يعمل

على استقطاب الجزيئات في العازل أي إعادة ترتيب الشحنات السالبة في

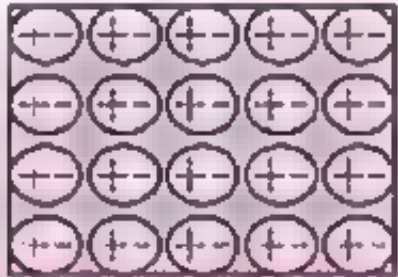
العازل ناحية الحائط الموجود به الشحنة الموجبة لمصدر والعكس بالنسبة

للجانب الموجود به الشحنات السالبة



الشكل (189) يوضح الكيان القطبي لجري عازل غير مشحون

ترتيب الشحنات في ابعارن يعمل على مرور تيار هذا التيار يسمى تيار الامتصاص أو تيار الاستقطاب هذا التيار ناتج عن ترتيب الشحنات وليس انتقال الشحنات، كما يما الشكل (198)، هذا التيار يكون كبير في ابدئية ويقل مع الوقت وغالبا يستغرق الاستقطاب 10 دقائق وأكثر



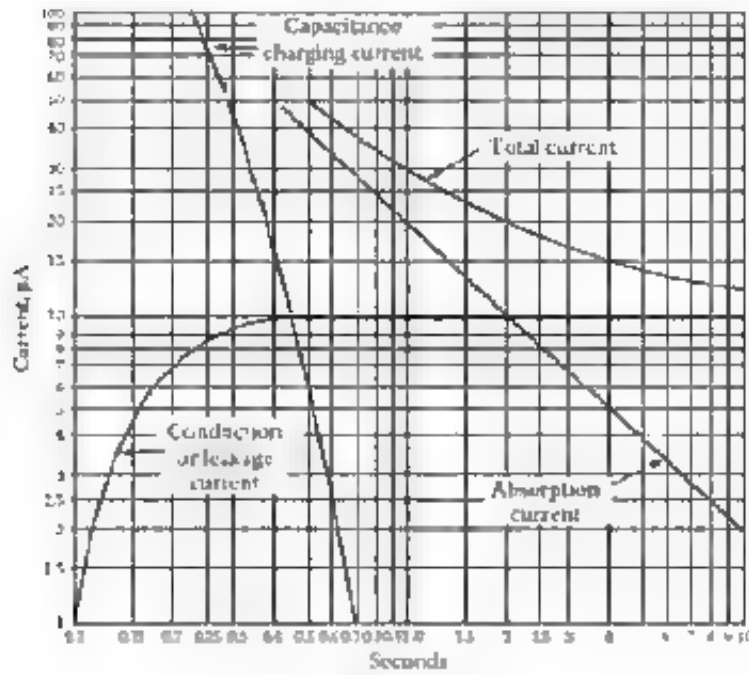
الشكل (190) يوضح مادة عازل مستطبة

3- تيار التسرب (Leakage Current)

من المعروف أنه لا يمر أي تيار من العزل إلى الأرض ولكن نتيجة لعدم وجود عزل مثالي فإنه يوجد تيار يمر إلى الأرض يسمى تيار التسرب وهذا لتيار

يكون له قيمة ثابتة عند كل قيمة جهد ويتناسب عكسياً مع قيمة المقاومة فإذا كانت المقاومة كبيرة كان تيار التسرب صغير وإذا كانت المقاومة صغيرة كان التيار كبير عند نفس الجهد وقد نصل قيمة تيار التسرب إلى 10 ميكرومبير الرسم البياني (الشكل 199) يوضح التيار إذا كان العزل تطبيقاً وحيداً

DC, voltage testing of electrical equipment



الشكل (91)

العوامل التي تؤثر في العزل

1- السطح الخارجي

مقاومة العزل تتناسب طردياً مع سمك العزل وعكسياً مع مساحة السطح
 = تيار لتسرب يعتمد على الأيونات والأتربة المتكونة على السطح الخارجي للعزل، حيث إن الأتربة تكون غير مرهقة عندما تكون جافة ولكن تكون موصلة عندما تكون رطبة

- عندما توجد شقوق أو ثقوب في العزل يتم دخول الاتربة والرطوبة التي تتأين عند تسليط الجهد عليها فنقل المقاومة ويريد تيار لتسرب.

2 الإجهاد الحراري

قيمة مقاومة العزل تناسب عكسيا مع درجة الحرارة، فقيمة مقاومة العزل ودرجة حرارة منخفضة أعلى من قيمة مقاومة العزل ودرجة حرارة عالية من المعروف أن:

1- قيمة مقاومة عزل الملفات وهي الخارج الزيت أعلى من قيمة استقامته والملفات مغمورة في الزيت.

عند قياس مقاومة العزل يجب الالتزام بالتعليمات الآتية:

1- لتأكد من تأريض جسم المحول

2 ربط أطراف الملف الابتدائي مع

3 ربط أطراف الملف الثانوي معا

طرق قياس مقاومة العزل:

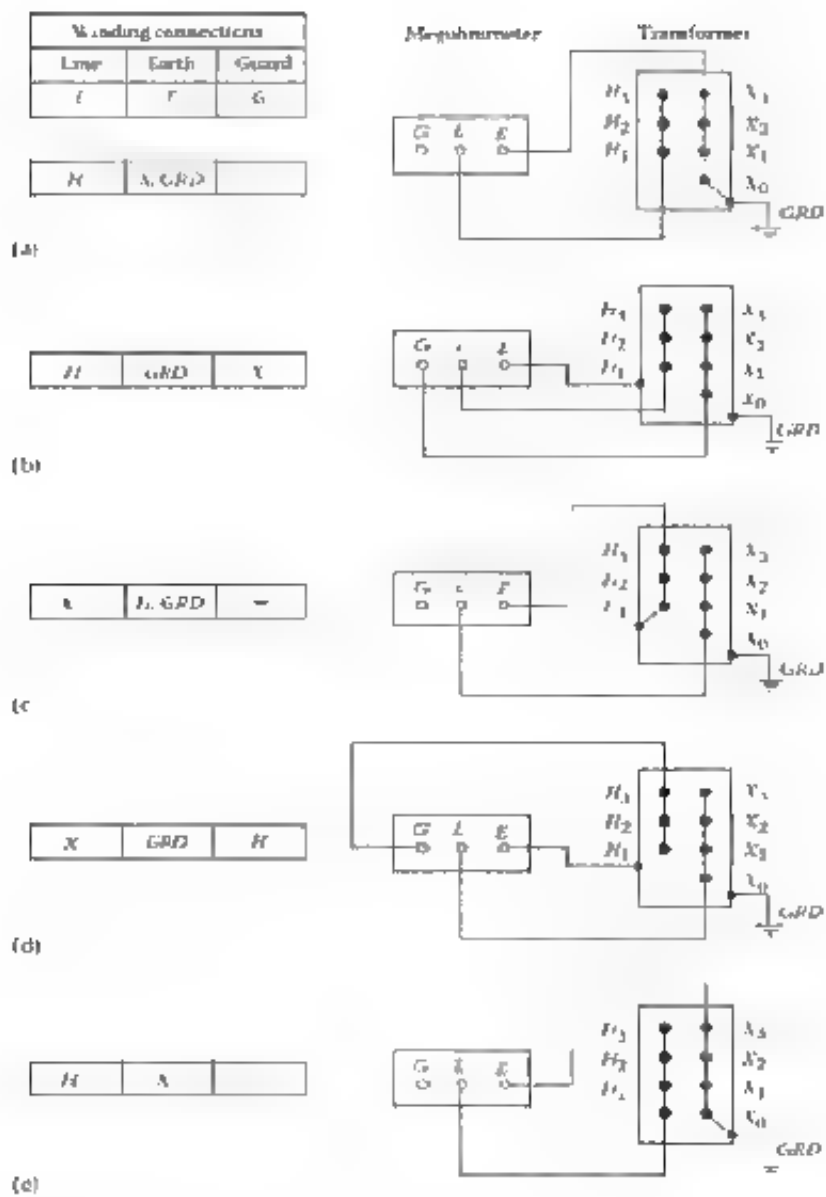
1- قياس مقاومة العزل للملف الابتدائي مع (الملف الثانوي وجسم المحول) $(LV + Ground) - HV$ ، لشكل 183 (a)، أي يتم ربط الملف الثانوي مع جسم المحول وموصلهم مع أحد طرفي جهاز الميجر ويوصل الملف الابتدائي مع الطرف الثاني للميجر

2 قياس مقاومة العزل للملف الثانوي مع (الملف الابتدائي وجسم المحول) $(LV + Ground) - HV$ ، الشكل 183 (c)

3- قياس مقاومة عزل للملف الابتدائي مع جسم المحول (يتم ربط الثانوي مع الطرف Guard) $(LV + Guard) - HV$ ، الشكل 183 (b).

4- قياس مقاومة الملف الثانوي مع جسم المحول (يتم ربط الملف الابتدائي مع الطرف Guard) $(LV + Guard) - HV$ ، الشكل 183 (d).

5- قياس مقاومة الملف الابتدائي مع الملف الثانوي يتم ربط جسم المحول مع الملف الثانوي مع الأرض $(HV - LV)$ ، الشكل 183 (e).



الشكل (142)

الجهد المستخدم في الاختبار

إذا ذكرت الشركة المصنعة قيمة معينة لجهد الاختبار فيجب الالتزام بها وإن لم يذكر قيمة معينة فيتم استخدام 5000 فولت لقياس مقارنات العزل بين ملفات الجهد العالي وجسم المحول وبين ملفات لمهده العالي وملفات الجهد المنخفض واستخدام جهد 2500 فولت أو 1000 فولت بين ملفات الجهد المنخفض وجسم المحول

القيم المسموح بها لقيمة مقاومة العزل

إذا ذكر المصنع قيمة لمقاومة العزل، فتعتبر هذه القيمة هي المرجع الذي من خلاله يتم تقييم العزل، وإذا لم يذكر المصنع أي قيمة لمقاومة العزل فيتم قياس قيمة المقاومة بين دخول السعده في السعده وبعد دخول السعده في السعده، مع مراعاة درجة الحرارة أثناء القياس واعتبار هذه القيمة مرجعاً لتقييم حالة العزل فيما بعد، ويجب العلم بأن كل معدة لها قيمة مقاومة العزل الخاصة بها، فمثلاً من الممكن أن يكون هناك محولان بهما نفس القدرة ونفس سنة الصنع ولكن لكل منهما قيمة مقاومة عزل مختلفة عن الآخر.

وهناك بعض المصادر التي تعطينا قيم تقريبية لقيمة مقاومة العزل المقبولة

أقل قيمة مقاومة مقبولة للعزل عند درجة حرارة مقدرها 20°C تساوي 1MΩ

لكل 1000 فولت من جهد التشغيل + 1MΩ

System voltage	Test Values
0 to 1000 V	1meg ohm / every 1 kV system voltage) + 1 KV]
1000 V to 34.5 kV	1meg ohm / every 1 kV system voltage) + 1 KV]
69 kV and up	1meg ohm / every 1 kV system voltage) + 1 KV]

عند قياس قيمة مقاومة العزل لابد من الأخذ في الاعتبار الآتي،

- 1 قيمة مقاومة العزل يمكن أن تثبت أن العزل تالف ولكن لا تثبت أن العزل سليم
- 2 درجة الحرارة أثناء قياس قيمة مقاومة العزل فمن المعلوم أن قيمة معاومة عزل تتناسب عكسيا مع درجة الحرارة، فتقل بعارة إلى النصف عندما تزيد درجة الحرارة بمقدار 10 درجة مئوية.
- 3- يتم قياس معامل الامتصاص Absorption Factor وهو خارج قسمه قيمة العزل عند 60 ثانية على قيمة مقاومة العزل عند 5 ثانية.

المادة	القيمة عند 60 ثانية \ القيمة عند 15 ثانية دون ترطيب الميجر
لعزل به رطوبة	أقل من 2.
العزل جيد	من 1.2 إلى 3

- 4- يتم قياس معامل الاستقطاب Polarization Index وهو خارج قسمه قيمة العزل عند 10 دقائق على قيمة مقاومة العزل عند 1 دقيقة

المادة	القيمة عند 10 دقائق \ القيمة عند دقيقة دون ترطيب الميجر
العزل ضعيف جدا	أقل من 2
العزل جيد	من 2 إلى 3

- ١- قياس مقاومة العزل للملف الابتدائي مع (ملف الثانوي وجسم المحول)
 - 1- يتم توصيل الملف الابتدائي مع الطرف (1 أو ٧) لجهاز الميجر
 - 2- يتم توصيل الملف الثانوي مع جسم المحول الموزع مع الطرف B أو (R+) لجهاز الميجر
 - 3- يتم ترك الطرف Guard دون توصيل.
 - 4- يتم ضبط قيمة جهد القياس للميجر عند 5000 فولت.
 - 5- يتم أخذ القراءة عند 15 ثانية وعند 60 ثانية بدون توقف الميجر.
- يتم عمل تفريغ لشحنة المحول عند عمية قياس لعزل وفي عمية الصيانة لأنه عند لحظة إعدام التيار تتولد قوة دافعة كهربية مستحثة طردية تقاوم انبعاث التيار لأعلى نتيجة الحث الذاتي للملف.
- وهذه القوة الدافعة تكون صغيرة في السلك المستقيم (لذلك لا يتم تأريض أطراف الكابل) وتكون كبيرة جداً في الملف الملفوف حول قلب من الحديد المطاوع لأن الحديد المطاوع يعمل على زيادة تركيز خطوط الفيض المغناطيسي التي تقطع الملف

استخدام طرف الـ GUARD

جهاز الميجر يولد جهد مستمر وهذا الجهد عندما يسلط على مادة العزل فإنه يسبب مرور تيار، وعن طريق قاموس أوم يتم حساب المقاومة ويتم عرضها على شاشة جهاز الميجر ويوجد مصاران للتيار الذي يمر خلال مادة العزل

- 1- التيار الذي يمر خلال مادة العزل ومنه يتم حساب مقاومة مادة العزل

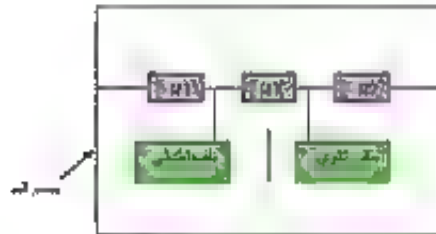
Volume Resistance

2- التيار الذي يمر خلال سطح العزل ومنه يتم حساب المقاومة النوعية السطحية Surface Resistance وهذه المقاومة تعمل على تقليل المقاومة الكلية للعزل ويتم التخلص منه باستخدام طرف الـ Guard في جهاز الميجر.

يتم توصيل طرف الـ GUARD مع أي جزء في الدائرة لا يريد أن يدخل قيمة

مقاومته في اندائه فبعد توصيل هذا الطرف مع أي جزء في الدارة لا يمر تيار في هذا الجزء وبالتالي لا تدخل مقاومته ضمن المقاومة التي يتم قياسها، وفي حالة قياس مقاومة عزل بين الملف الابتدائي والثانوي فإنه تظهر ثلاث مقاومات كالآتي:

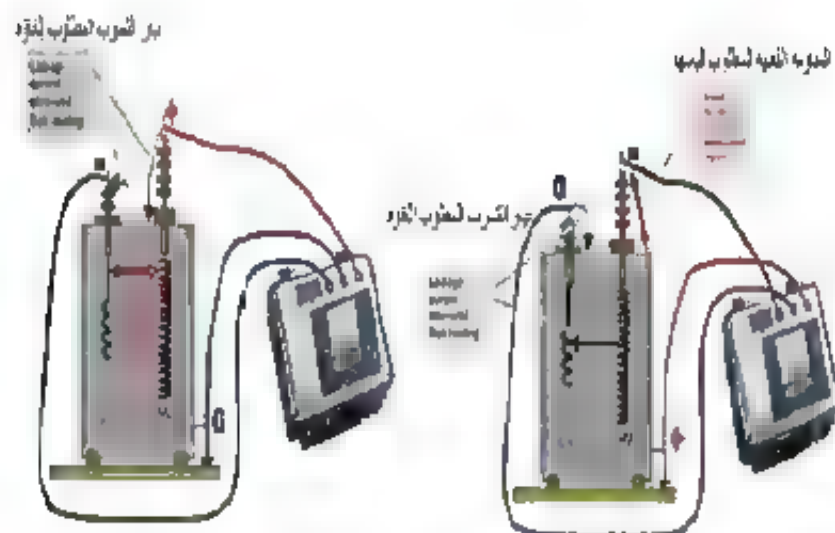
- R_x مقاومة العزل بين الملف الابتدائي والملف الثانوي.
 - R_1 مقاومة العزل بين الملف الابتدائي وجسم المحول.
 - R_2 مقاومة العزل بين الملف الثانوي وجسم المحول.
- وفي هذه الحالة تظهر R_x وكأنها على التوازي مع $(R_1 + R_2)$



الشكل (193)

فمثلاً إن كان $R_x = 3000 \text{ M}\Omega$ و $R_1 = R_2 = 100 \text{ K}\Omega$ فإن قيمة المقاومة في حالة عدم استخدام الـ Guard $R_x = 187.5 \text{ M}\Omega$ أما في حالة استخدام الـ Guard فإن التيار لا يمر في المقاومات R_1 و R_2 وبذلك يتم حساب المقاومة R_x فقط وهي المقاومة بين الملف الابتدائي والملف الثانوي وهي المقاومة المطلوبة ولا يتم حساب المقاومة بين الملف الابتدائي وجسم المحول والملف الثانوي وجسم المحول.

و الشكل التالي يوضح كيفية استخدام طرف الـ Guard في قياس قيمة مقاومة العزل في المحول



الشکل ۱۹۴ | استخدام طرف Gaurd

2- قياس مقاومة الملف الابتدائي و ملف الثانوي (استمرارية التوصيل)

الهدف من الاختبار:

قياس مقاومة الملفات

- التأكد من سلامة الملفات وعدم وجود قصر بأحد الملفات

- التأكد من سلامة نقاط التوصيل والوصلات داخل المحول

الأجهزة المستخدمة:

جهاز ميكروأوميتر أو جهاز موليتر ويضبط على تدرج قياس المعاومة

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار:

1- فصل المحول من جانبى الجهد المنخفض والمتوسط.

2- التأكد من سلامة أجهزة القياس

3- تعريض الشحنة الموحدة بالمحول.

4- استخدام مقياس الجهد للتأكد من عدم وجود جهد على المحول

خطوات اجراء الاختبار:

1- قياس المقاومة بين كل وجهين من جانب الجهد المتوسط وتسجيل القراءات

$$RS, ST1, RT1$$

2- تغيير وضع مغير الجهد وتكرار الخطوة السابقة عند كل نقطة من نقاط

مغير الجهد

3- قياس المقاومة بين كل وجهين من جانب المنخفض وتسجيل القراءات

$$RS2, ST2, RT2$$

4- قياس المقاومة بين كل وجه والتمثيل في جانب المنخفض وتسجيل

$$القراءات RN, SN, TN$$

الاستنتاج

في حالة المحول السليم يجب أن يتحقق الآتي:-

$$RS1 = ST1 = RT1$$

$$RS2 = SN = TN$$

$$I_N = S_N = T_N \quad 3$$

3- اختبار الجهد العالي High voltage test

اسماء الاختبار :

Dielectric strength test

(High potential test) HiPot test = 2

Dielectric withstand test = 3

Proof test = 4

الفرض من الاختبار :

قد يمتحن أن اختبار قياس مقاومة العزل Insulation test يكون كافياً للتأكد من صلاحية العزل ولكن هناك بعض العيوب في العزل لا يتم اكتشافها عن طريق اختبار مقاومة العزل مثل عيوب المصنعة أو للثقوب Pinholes والصروخ Nicked (إذا كانت الثقوب والمزور نظيفة وليس بها أتربة أو ملوثات لا تظهر في اختبار مقاومة العزل) والعزل المهشم أو الممطم Crushed insulation، وحيث إن المعدة قد تتعرض للجهود العالية High voltage أثناء ظروف التشغيل العادية Normal operation كاجتياز العابرة Voltage transients الناتجة من البرق والصواعق Lightning أو من أحبارة مخيرات السرعة Variable speed drives أو أثناء عملية فتح وقفل المفاتيح Switching في دوائر لجهد العالي، فعدد وجود هذه العيوب في العزل ويتعرض للجهود العالية فقد يحدث لهيار للعزل ويغير تيار تسرب كبير leakage current بين الموصل والهيكल المعدني Chassis or enclosure مما يتسبب في أضرار كهربة على الاشخاص والمعدات، فيتم إجراء هذا الاختبار للتأكد من قوه أو شدة العزل Strength of insulation مما يجعله لا يتأثر بالجهود العالية التي يتعرض لها أثناء ظروف التشغيل العادية. وهناك مثل يوضح الفرق بين اختبار مقاومة العزل واختبار الجهد العالي هو اختبار رسم التلب

العادي و اختبار رسم القلب بالمجهود، فيجاء اختبار رسم القلب للمريض أثناء الراحة وعدم قيامه بأي مجهود يخرج بصورة طبيعية وهو بالناسي يشبه اختبار مقاومة العز، ولكن ربما لا تظهر الأعراض أو العلامات المرضية عند الأشخاص المصابين بأمراض لسرايين الشاحية للقلب في حالة الراحة أو المشاط العادي ولإظهار هذه العلامات أو الأعراض يعرض الشخص للإجهاد مع مراقبة دقيقة لمخطط القلب الكهربائي بسرعة النبض وضغط الدم ويساعد ذلك على تشخيص أمراض معينة في القلب واستعداد لقلب للمجهود المرهق وهو يشبه اختبار الجهد العالي.

متى يتم الاختبار،

يقم هذا الاختبار بعد عملية التصنيع Manufacturing process

2- يتم هذا الاختبار بعد عملية التركيب لمعدات Installation

3- يتم هذا الاختبار بعد عملية الإصلاح Repair

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار،

1 فصل المحو من جانبى الجهد المنخفض والمتوسط.

2 التأكد من سلامة أجهزة القياس.

3- تفريغ المشحنة الموجودة بالمحو

4- استخدام مقياس المهد لتأكد من عدم وجود جهد على المحو

نوع جهد الاختبار،

- جهد متردد AC Voltage

$$V_{Test} = [2V + .006] \times 0.6$$

حيث،

V_{Test} = جهد الاختبار

V = جهد التشغيل

0.6 = معامل الخطئية

3- جهد مستمر DC Voltage

$$V_{Test} = [2V + 1000] \times 1,65 \times 0,6$$

حيث ،

$$V_{Test} = \text{جهد الاختبار}$$

$$V = \text{جهد التشغيل}$$

$$1,65 = \text{عدد ثابت للتحويل من الجهد المقطوع للجهد الفعلي}$$

$$0,6 = \text{معامل الرطوبة}$$

كيف يتم الاختبار:

تختلف طريقة عمل اختبار الجهد العالي عن طريقة عمل اختبار مقاومة العزل، ففي اختبار مقاومة العزل يتم تسليط جهد الاختبار على المعدة وعن طريق قانون أوم يتم حساب التيار داخل الجهاز ويتم عرض قيمة مقاومة العزل على شاشة الجهاز أما في اختبار الجهد العالي يتم تسليط الجهد العالي على المعدة ويتم حساب امقاومة داخليا وتم ظهور تيار التسرب على شاشة الجهاز

$$V_{Test} = [2V + 1000] \times 1,65 \times 0,6$$

حيث ،

$$V_{Test} = \text{جهد الاختبار}$$

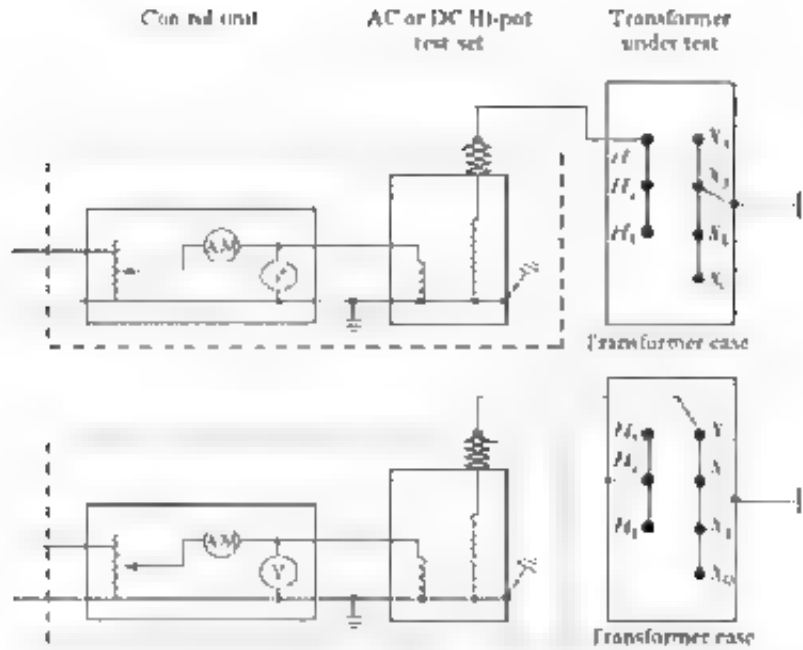
$$V = \text{جهد التشغيل}$$

$$1,65 = \text{عدد ثابت للتحويل من الجهد المقطوع للجهد الفعلي}$$

$$0,6 = \text{معامل الرطوبة}$$

كيف يتم الاختبار:

تختلف طريقة عمل اختبار الجهد العالي عن طريقة عمل اختبار مقاومة العزل، ففي اختبار مقاومة العزل يتم تسليط جهد الاختبار على المعدة وعن طريق قانون أوم يتم حساب التيار داخل الجهاز ويتم عرض قيمة مقاومة العزل على شاشة الجهاز أما في اختبار الجهد العالي يتم تسليط الجهد العالي على المعدة ويتم حساب امقاومة داخليا وتم ظهور تيار التسرب على شاشة الجهاز



شكل (٩٥)

نتيجة الاختبار،

حيث إن جهاز القياس به عداد للجهد وعداد لتيار التسرب، فإذا كان العزل سليماً ولا يوجد به عيوب، فعند رفع الجهد إلى القيمة التي يتم الاختبار عندها نلاحظ ثبات الجهد وثبات تيار التسرب (ثماد التسرب قد يصل إلى ٥ مللي أمبير وهي قيمة التيار التي يبدأ الإنسان في التأثر بها) أما إذا كان العزل غير سليماً نلاحظ أن الجهد لا يريـد ولكن يزيـد تيار التسرب حتى يتم فصل جهاز القياس.

ترتيب الاختبارات،

بعد عملية التركيب أو عملية الإصلاح يجب الالتزام بترتيب الاختبارات كالتالي
١- اختبار قياس المقاومة.

2- اختبار قياس مقاومة العزل: Insulation test

3- اختبار الجهد العالي

± اختبار نسبة التحويل

الفرض من الاختبار :

= قياس نسبة التحويل للمحول والتأكد من سلامتها عند جميع نقاط معيار الجهد

$$I^2 R = V^2 N1 = V2V2$$

الأجهزة المستخدمة :

- جهاز اختبار نسبة التحويل (Turns Ratio Transformer Tester) ،

7- أو مصدر جهد 380 فولت ثلاثي لأوجه - جهاز فولتميتر

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار :

= فصل المحول من جانب الجهد المتوسط وجانب الجهد المنخفض
نظافة أطراف التوصيل.

= فصل مصدر الجهد قبل تغيير وضع سبيل الجهد .

خطوات إجراء الاختبار (الطريقة القياسية)

1 ضبط معيار الجهد على الوضع رقم 1

2- تسليط جهد ثلاثي الأوجه 380 فولت على جانب الجهد المتوسط .

3- قياس جهد الخط على جانب الجهد المنخفض وكذلك جهد الوحد

4- تقسم جهد الخط (VL) بي الجانب المتوسط على جهد الخط (VL) في الجانب

المنخفض ونقارن الناتج نسبة التحويل الخاصة بالنقطة رقم 1. لمغير

الجهد في لوحة البيانات .

5- نقوم بفصل مصدر الجهد عن المحول .

6- نقوم بتغيير معيار الجهد على الوضع رقم 2 ثم (3) ثم (4) ثم (5) ونكرر

الخطوات السابقة

الاستنتاج :

أ- يجب تساوي جهد الوجه على لأوجه الثلاثة $V_{RN} = V_{SN} = V_{TN}$

ب- يجب تساوي جهد القط على الأوجه الثلاثة $V_{RS} = V_{ST} = V_{RT}$

نسبة التحويل الاسمية لحول 4/1 ك - ف

وصف مفيد الجهد	الجهد الابتدائي (فولت)	الجهد الثانوي (فولت)	نسبة التحويل
1	11050	400	28.87
2	11275	400	28.18
3	11000	400	27.50
4	11725	400	26.81
5	10450	400	26.12

نسبة التحويل الاسمية لحول 5/4ر0 ك - ف

وصف مفيد الجهد	الجهد الابتدائي (فولت)	الجهد الثانوي (فولت)	نسبة التحويل
1	6030	400	17.325
2	6765	400	16.913
3	6800	400	17.0
4	6135	400	16.082
5	6270	400	15.675

5 اختبار : Loss angle : Dissipation factor

اسماء الاختبار:

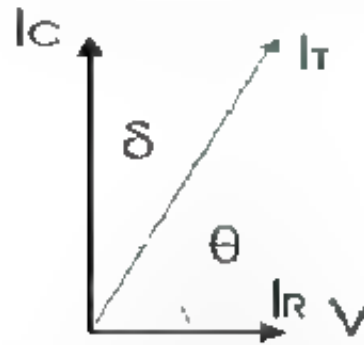
1- $\tan \delta$ ، $\tan \Delta$

2- $\cos \phi$ ، Power Factor

الفرض من الاختبار :

الغرض من اختبار قياس زاوية الفقد هو التأكد من حالة العزل، ولو كان العزل خاليا من الحبوب الهوائية وانعراعات والرطوبة والتشجر المائي والتشعر الكهربى فإن العزل يكون كمكثف مثالي، وبالتالي يمر به تيار سعوي فقط

ومن المعروف أنه في العكس المثالي تكون الزاوية بين الجهد والتيار تساوي 90 درجة، فلو كان العزل به بعض الشوائب فإن مقاومته تقل ويمر تيار مادي في العزل، وبالتالي لا يصبح مكثفاً مثاليًا وتصبح الزاوية بين الجهد والتيار أقل من 90 درجة، انظر الشكل (186)



الشكل (196)

إذا تم قياس النسبة بين التيار المادي والتيار السعوي I_r / I_c وهو ما يعرف بظل الزاوية دلتا (δ) كما في الشكل (86) فمن هذا الاختبار يطلق عليه $\tan \delta$ أما إذا تم قياس النسبة بين التيار المادي والتيار الكلي I_r / I_t وهو ما يعرف بجيب تمام الزاوية (θ) وهو ما يعرف باختبار (Power Factor) ويجب العلم بأنه على الرغم من أن الاختبارين متشابهان إلا أن لكل اختبار أجهزته الخاصة به.

وبالنسبة لقيمة الزاوية تحدد حالة العزل فإذا كان العزل سليماً تكون الزاوية قريبة من الصفر وإذا كان العزل به أي من الشوائب السالبة فإن الزاوية تزيد.

الفصل الثالث

الاختبارات على الزيت

الاختبارات التي تتم على الزيت

من أهم الاختبارات التي تتم على الزيت الآتي:

1- اختبار الكهربي

2- اختبار الكيميائي

أولاً: الاختبار الكهربى (جهد كسر لعزل للزيت)

هذا الاختبار يتم عن طريق جهاز اختبار عزل الزيت للتأكد من أن الزيت خالٍ من الشوائب وبخار الماء والأحماض الموصلة للحد الفرض من الاختبار.

قياس جهد الانهيار الكهربى (Break Down Voltage) لزيت المحولات في الحالات التالية:

1- مستوى في عملية الصيانة الروتينية

2- عند حدوث قصر أو فصل للمحول بجهاز البوخيزر أو بجهاز الوقاية التفصيلية.

الأجهزة المستخدمة:

جهاز اختبار عزل الزيت (Oil Tester).

الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل عمل الاختبار:

1- التأكد من أن جهد تشغيل جهاز الاختبار 220 فولت

2- التأكد من توصيل أرضى الجهاز جيداً

3- يجب أن يكون مستوى الزيت أعلى من لأقطاب بمسافة 40 مم.

4- يجب أن تكون الغرفة بين نصبي جهاز اختبار 1/10 برهة أي (2.5) مم

خطوات اجراء الاختبار،

طريقة أخذ عينة الاختبار

- 1- تؤخذ العينة بعد غسل الوعاء بالريث نفسه وغطائه جيداً ولا يتم تنظيف وعاء الفحص بقطعة قماش لمنع احتمالات سقوط شعيرات القماش وتلاصقها بجدران الوعاء ويجب عدم تعرض الزيت للصر،
- 2- تؤخذ العينة بعد تحريك الزيت من الطبقة أو الصفيحة بحوالي 3 لتر تحاشياً للرواسب، ويتوقف تحديد مكان أخذ العينة على نوع السائل الموجود بالمحول، فالسوائل التي لها كثافة نوعية أعلى من واحد صحيح مثل Ascarels يجب أن تؤخذ عينتها من قمة المحلول لأنه لو كانت هناك فقائيع مياه مثلاً بالريث ستبقى لأنها أقل كثافة منه لذلك نأخذ العينة من أعلى لتمثل حقيقة السائل الفعلية، أما الـ *Mineral Oil* المعدية من أسفل فإن كثافتها أقل من الماء فتطفو فوق الماء ولذلك نأخذ العينة من أسفل المحلول.

- 3- يغسل وعاء الاختبار جيداً مرتين بالريث نفسه من كل مكان بما في ذلك مصفي كرة الاختبار (يتم ضغط المساحة بين نصفي الكرة 2.5 مم).
- 4- يسكب الريث في الوعاء بحذر ويغطه وعلى القطب التحاسي ويعيداً عن المنتصف تحاشياً لتكون انفجاعات حتى يصل إلى مستوى 20 مم من موته العليا ويجب عدم لمس الجهاز أو تحريك الزيت طوال فترة الاختبار

طريقة الاختبار،

- 1- التأكد من عدم وجود فقائيع مواء في الزيت.
- 2- تترك العينة مغطاة في الجهاز لمدة 10 دقائق قبل تسليط الجهد لأول مرة
- 3- يتم تسليط الجهد الكهربائي على الكرومين تدريجياً بمعدل 2-3 ك ف/ثانية، مع ملاحظة جهر الفولتميتر ويستمر الرفع حتى انهيار عزل الزيت، وعندها تنعص الدائرة الكهربائية تلقائياً ويسمح جهد انهيار العزل.

4- وبعد حدوث عملية الانهيار، يتم تغليب الزيت برفق بين الأنقطاب بتقليب
خفيف ونظيف من الزجاج مع الاعتناء بتحايش تكوين فقاعات هواء بقدر
الإمكان

5 يؤخذ 5 قراءات بعد الأولى بين كل قراءة ولثانية عشر دقائق يتم خلالها
تقليب عينة الزيت.
6 متوسط القراءات هو مجموع القراءات الخمسة (من الثانية حتى السادسة)
مقسوما على 5



الشكل (197)

جهد الكسر للزيت .

عند عمل اختبار كسر العزل للزيت المحول عند جهد التثمين 6,6 ك.هـ او 11 ك.هـ .

1- الزيت الجديد يكون جهد الكسر بعد أسبوعي 30 كلف / 2.5 مم

2- الزيت المستعمل يكون جهد الكسر بعد أسبوعي 25 ك.هـ / 2.5 مم

في بعض الأحيان يكون الزيت به رطوبة أو به شوائب يتم معرفتها عند انخفاض قيمة مقاومة العزل أو عند انخفاض جهد الكسر للزيت

يوجد طريقتان لعلاج مشكلة انخفاض جهد الكسر أحدهما لإزالة الرطوبة فقد والتدبير لإزالة الرطوبة والشوائب

1- إزالة الرطوبة عن طريق تسخين الملفات

تتم هذه الطريقة عن طريق عمل قصير على ملفات الابتدائي وتسلط جهد متغير يمكن التحكم في قيمته على ملفات الثانوي حتى يتم رفع درجة الحرارة إلى 90 درجة مئوية ويظهر ذلك على عداد درجة الحرارة ويتم ذلك لمدة 72 ساعة ويتم فتح أي غطاء في المحول لخروج البخار

2- إزالة الرطوبة و الشوائب عن طريق ماكينة تكرير الزيت

عملية تكرير الزيت هي عملية يتم باستخدام ماكينة مجهزة تقوم بتنقية الزيت من الشوائب المعدنية والكربونية والمواد العالقة التي تتكون نتيجة تحلل الزيت وباقي المواد العالقة، وكذلك تقوم باحتصاص الرطوبة (الماء أو بخار الماء) من الزيت وذلك لإعادة جودة الزيت في العزل والمبريد ويتم عملية التكرير كالتالي

1- يوصل طرف الدخول والخروج للماكينة بخرطوم إلى فتحتين في المحول أحدهما سفلية ولأخرى علوية، على أن تكرر الفتحتان منبذتين أقصى ما يمكن عن بعضهما حتى لا تحدث تيارات دوامية للزيت تجعل مسار الزيت مقصوراً على جانب دون جانب

- 2- سيتم سحب الزيت من أعلى فيدخل إلى الماكينة صابرا بعلاتر Filters (مرشحات) ليتم تنقيته ثم يتم تسخينه عن طريق سخانات Hunters داخل الماكينة إلى درجة حرارة 80 °م ثم يمر عن مصائد قادورات Dirt traps لئلا يمتص منه القادورات.
- 3 يدخل الزيت على الرشاش ليثر أو يثر Spraying داخل خزان الماكينة المفرغ تقريبا من الهواء (الضغط يساوي صفر تقريبا) بواسطة طلمبه التفريغ Vacuum Pump في حين أن الضغط الجوي يساوي 1 كجم / سم².
- 4- تغريغ الهواء يحل الزيت يدفع من المحول إلى خزان الماكينة المفرغ بطرق الضغط.
- 5- تغريغ يحل الزيت الماكينة يجعل بخار الماء ينفص من الزيت في اتجاه مكثف الماء Water Separation بينما يسقط الزيت جدا تقريبا داخل خزان الماكينة
- 6- تغريغ الهواء يجعل الماء العالق بالزيت بخار قبل الوصول إلى 100 °م لأن الماء تنخفض درجة غليانه بانخفاض الضغط الواقع على سطحه، فمثلا إذا وصل ضغط التفريغ إلى 52.6 سم رقيق فإن الماء يغلي ويبخر عند درجة حرارة قدرها 70 °م
- 7- عن طريق عمليتي التفريغ Vacuum والثر Spraying يتم فصل الماء عن الزيت حيث يسحب بخار الماء بفعل التفريغ أو الشط للخارج
- 8- بعد ذلك يتم إرجاع الزيت إلى المحول صابرا بفلاخر من نوع آخر لزيادة تنقيته عن طريق استخدام طلمبة تقوم بسحب الزيت فيدخل عن طريق فتحة في أسفل المحول
- 9- في هذه العملية يتم سحب الزيت من أعلى المحول عن طريق بلف لسحب الزيت من المحول وبه خرطوم يوصل بأعلى المحول ويتم ضخ الزيت للمحول عن طريق بلف لإرجاع الزيت إلى المحول وبه خرطوم يؤمن بأسفل المحول وذلك لضمان عدم تكون فقاعات هواء داخل الزيت



الشكل (98)

ثانياً - اختبار كيميائي

يتم هذا الاختبار الكيميائي عن طريق أخذ عينة وتحليلها في معامل متخصصة لمعرفة نسبة الرطوبة واشوائب والرواج والحموضة وبماقي مواصفات الزيت الطبيعية والكيميائية ومن هذه الاختبارات

1- قياس الحموضة :

عن طريق هذا الاختبار يتم تعيين قيمة الحموضة لكلية في زيوت المحولات، حيث إن لها أضرار حسيمة على المحرك لما للأحماض من خواص كاوية تعمل على تآكل المعادن والورق السليلوزي وكل أنواع المراد داخل المحرك.

2- قياس نقطة الوميض :

يتم تعيين نقطه الوميض للزيت، ونقطه الوميض هي أقل درجة حرارة لازمة لتصاعد عارات قابلة للاشتعال من الزيت وهي دليل على ثبات الزيت وقلة تطايره من عدمه فكلما ارتفعت القيمة ،أدت على كفاءة لزيوت

3- قياس نسبة الرطوبة :

يستخدم في تعيين كمية الماء في الزيت ومن المعروف أن وجود الماء (الرطوبة) يقلل من كفاءة الزيت على العزل الكهربائي ويتم لتجاس داخل خلايا إلكتروكيميائية

١- قياس اللزوجة :

اللزوجة هي مقاومة السائل للتدفق أو الانسكاب، ويتم قياس اللزوجة بحيث لا يكون الزيت شديد السيولة مثل الماء أو ثقيل مثل لعسل أو الشموع فيعيق حركة الزيت داخل المحور ويعيق انتقال الحرارة.

5- قياس كثافة الزيت

يتم قياس كثافة الزيت عن طريق الهيدروميتر، وكثافة زيت اسحوالات تفرج بين 0.8 إلى 0.9

وهذه الاختبارات مهمة جدا لفحص عازلية لزيوت واكتشاف بعض الأعطال التي يظهر تأثيرها على الزيت مثل :

1- حدوث شرارة داخلية Intermittence .

2- وجود تلامس ضعيف Bad contact

3- وجود بقع ساخنة Hot spot

4- حدوث تفريغ جزئي Partial discharge

5- حدوث حرارة زائدة من الموصلات High temperature

فحيث إن المحول الكهربائي يعمل تحت ظروف وأحمال متغيرة، فقد يتعرض عزل المعدات لدرجات حرارة عالية، وكذلك قد يتعرض المحول إلى إجهادات حرارية وكهربائية تعمل على تآكل المواد العازلة مثل ورق السليلوز والورق المضغوط والخشب. وبالتالي تنتج أنواع كثيرة من الغازات التي تذوب في الزيت، وهناك أسباب أخرى لحدوث بأكلة أو انهيار للمواد العازلة مثل حدوث بقع ساخنة Hot spot أو حدوث قوس كهربائي Arcing

ويمكن تقسيم الغازات الذائبة في الزيت إلى ثلاثة أقسام

1 غازات ناتجة من ظروف طبيعية للتسخين.

2- غازات ناتجة من تحلل المواد السليولوزية Cellulose

3- غازات ناتجة من تحلل الزيت بارتفاعات أقسام الأعطال

أولاً ، غازات ناتجة من ظروف طبيعية للتشغيل

درجات حرارة التشغيل العادية يمكن أن تتسبب في تحلل بسيط للزيت، وينتج من هذا التحلل غاز الهيدروجين وغاز الميثان، كما يمكن أن يكون هناك غازات أخرى نتيجة لعملية تكرير الزيت المعدي أو نتيجة عمليات الإصلاح مثل اللحام بالسحاس أو لحامات إصلاح تسرب الزيت ومن هذه الغازات غازي أول وثاني أكسيد الكربون CO_2 و CO

ثانياً ، غاز ب ناتجة من تحلل المواد السيلولوزية Cellulose

ينتج من تحلل المواد العازلة السيلولوزية كل من غازي أول وثاني أكسيد الكربون بنسب مرتفعة وتريد اتمية بزيادة عمر المحول، بالإضافة إلى عملية تحفيف المحولات ثم من المحولات بالزيت في المصانع يصبح عليها محلل للمواد العازلة السيلولوزية، وفي حالة المحولات التي تحتوي على خزائن احتياطي يمكن أن يدخل غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء الجري.

ثالثاً ، غازات ناتجة من تحلل الزيت بالحرارة أثناء الأعطال

ينتج من تحلل الزيت بالحرارة بعض الغازات مثل غاز الهيدروجين H_2 وغاز الميثان CH_4 وغاز الإيثان C_2H_6 وغاز الإيثيلين C_2H_4 وغاز الأسيتين C_2H_2 وغاز البروبين C_3H_6

عندما ترتفع درجات الحرارة وتصل إلى ما بين 150 درجة إلى 1000 درجة مئوية يتحلل الزيت ويصاحبه قوس كهربائي وينتج غاز الإيثان، أما إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 1000 درجة مئوية ينتج غاز الإستيلين

الطرق العامة لتفسير النتائج

1- قوس كهربي في الزيت بدون تحليل لأي مواد عازلة صلبة. والغازات الرئيسية في هذه الحالة تكون :

هيدروجين	60 - 80% من الحجم.
أستلين	10 - 25% من الحجم.
ميثان	1.5 - 3.5% من الحجم.
إيثيلين	1 - 2% من الحجم.

2- قوس كهربي خلال المواد العازلة الصلبة ،

الغازات الناتجة من حدوث قوس في الزيت مع جزء خلال مادة عازلة صلبة مثل الورق أو الورق المضغوط هي عبارة عن كمية كبيرة من غاز الهيدروجين والأستلين مصحوباً بكمية كبيرة من أول أكسيد الكربون، نسبة الميثان أكبر منه في الحالة الأولى.

3- تفريغ جزئي في مادة السيليلوز في الزيت ،

الغازات الرئيسية في هذه الحالة هي الهيدروجين، الميثان، أول أكسيد الكربون، بينما غاز الأستيلين لا يظهر.

4- تحليل حراري للزيت ،

يحدث تحليل حراري عند درجة حرارة 400 درجة مئوية ويزيد بزيادة ارتفاع درجة الحرارة وشكل الغازات يكون جزيئات منخفضة هيدروكربونية أساساً، ميثان، إيثان، أسيتلين، هيدروجين عند درجة حرارة 600 درجة مئوية، الغازات المضطربة تتكون من ميثان وهيدروجين، يوجد أيضاً ثاني أكسيد الكربون ولكن تتحلل عند درجات الحرارة الأعلى.

5- تحليل جوازي مادة سليكوز وفلزيت :

في هذه الحالة الغازات الأساسية عبارة عن ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون، بالإضافة إلى الهيدروجين عند درجات حرارة أعلى من 500 درجة مئوية .

الأسباب المحتملة لظهور الغازات في تحليل الزيت

سبب حدوثه Caused by	نوع الغاز Type of gas
التقادم aging	CO أول أكسيد الكربون
	CO2 ثاني أكسيد الكربون
القوس الكهربى Electric arcs	H2 الهيدروجين
	C2H2 الأسثيلين
الحرارة الناتجة عن التخميل الزائد Local overheating	C2H6 الإيثان
	C2H4 الإيثيلين
	C3H6 البروبان
ظاهرة الكورونا Corona	H2 الهيدروجين
	CH4 الميثان

المراجع

- 1- Electric Power Transformer Engineering
Edited by James H. Harlow
- 2- Handbook of Transformer design & Application - Second Edition
Edited by William M. Flanagan
- 3- The J & P Transformer book - Twelfth Edition
Edited by Martin J. Heathcote, CEng, FIEE
- 4- Power Transformer: principles and applications
Edited by John J. Winders, Jr.
- 5- Transformer Engineering Design and Practice
S.V. Kulkarni & S.V. Khaparde
- 6- Best Practice Manual transformer
Devlo Energy Consultancy Pvt. Ltd.,
- 7- Distribution Transformer Handbook - Third Edition
Richard Alexander
- 8- ANSI / IEEE Standards - Power Transformer Updates
H. Jia Shi
- 9- Electrical Machines 1
Prof. Krishna Vasudevan , Prof. G. Sridhara Rao, Prof. P. Sasidhara Rao
- 10- Regulation - Voltage
Prof. S R Paramythi - October 16, 2008
- 11- Transformer Data sheet
Schneider Electric
- 12- Transformers
Prof. Dr. Rahab Y. Amer
- 13- ABB Distribution Transformer Catalogue
- 14- APTA SS- B - 001- 98 Standard for insulation integrity

- 16- Principles & Applications of Insulation testing with DC
By Eng / Mohamed I Hanif ABH Electrical industries Co.Ltd
- 16- A text book of Electrical Technology – in S.I. units – Volume II
B.L. Theraja & A.K. Theraja
- 17- Schneider electric protection guide 2003
- 18- Transformer Protection
Harishan Jothani
- 19- Transformer Protection – siemens

المراجع باللغة العربية				
م	المراجع	المؤلف	تاريخ الإصدار	
1	المحولات الكهربائية - الجزء الأول	د / كامل يونس محمد		
2	المراجع في محولات القوى الكهربائية	أ.د / محمود جيلاني	2010	
3	المراجع في التركيبات والتصميمات الكهربائية	أ.د / محمود جيلاني	2013	
4	محولات القوى الكهربائية والاختبارات	م / فريدة قاسم		
5	المحولات ثلاثية الوجه	المملكة العربية السعودية		